

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-025085

(43)Date of publication of application : 28.01.2003

(51)Int.Cl.

B23K 26/06  
G02B 5/18  
G02F 1/061  
G02F 1/13  
G03F 7/20

(21)Application number : 2001-212667

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 12.07.2001

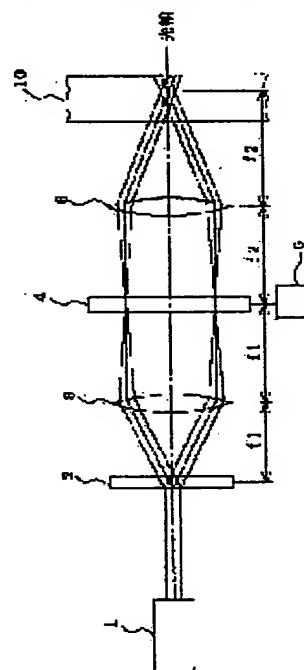
(72)Inventor : AMAKO ATSUSHI

## (54) LASER BEAM PROCESSING METHOD AND LASER BEAM PROCESSING MACHINE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a ultra-short pulse laser beam machine with which the interference angles and intensity of laser beams for changing and interfering with machining forms can be easily set.

SOLUTION: This machine has a laser oscillator 1 which oscillates ultra-short pulse lasers, a phase grating 2 which branches the laser beams oscillated by the laser oscillator 1 to a plurality of the laser beams, a liquid crystal panel 4 which selects a plurality of the prescribed laser beams from a plurality of the laser beams branched by the phase grating 2 and modulates their phases and amplitude and a condenser lens 6 which causes the interference of a plurality of the laser beams controlled in the phase and amplitude.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

06.02.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-25085  
(P2003-25085A)

(43) 公開日 平成15年1月28日 (2003.1.28)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード <sup>*</sup> (参考)
B 2 3 K 26/06		B 2 3 K 26/06	C 2 H 0 4 9
			E 2 H 0 7 9
G 0 2 B 5/18		G 0 2 B 5/18	2 H 0 8 8
G 0 2 F 1/061	5 0 3	G 0 2 F 1/061	5 0 3 2 H 0 9 7
1/13	5 0 5	1/13	5 0 5 4 E 0 6 8

審査請求 未請求 請求項の数22 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-212667(P2001-212667)

(22) 出願日 平成13年7月12日 (2001.7.12)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社  
東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 尼子 淳

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(74) 代理人 100061273

弁理士 佐々木 宗治 (外3名)

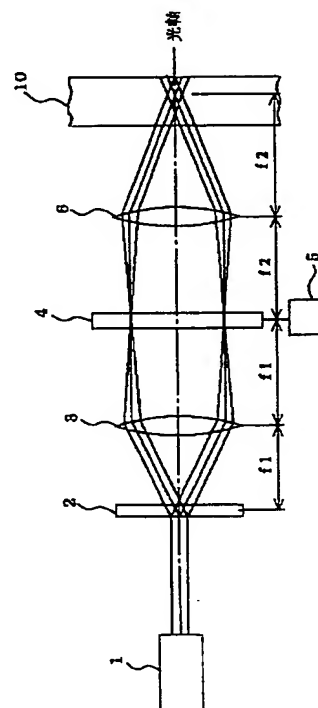
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザー加工方法及びレーザー加工装置

#### (57) 【要約】

【課題】 加工態様の変更や干渉させるレーザービームの干渉角度及び強度の設定を容易に行うことが可能な超短パルスレーザー加工装置を提供する。

【解決手段】 超短パルスレーザーを発振するレーザー発振器1と、レーザー発振器1で発振されたレーザービームを複数本のレーザービームに分岐する位相格子2と、位相格子2で分岐された複数本のレーザービームの中から所定のレーザービームを複数本選択し位相及び振幅変調する液晶パネル4と、位相及び振幅が制御された複数本のレーザービームを干渉させる集光レンズ6とを備えた装置。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 超短パルスレーザーを回折型素子を利用して複数本のレーザービームに分岐するステップと、前記分岐した複数本のレーザービームの中から必要なレーザービームを複数本選択するステップと、前記分岐した複数本のレーザービームの位相を制御するステップと、前記位相が制御された複数本のレーザービームを干渉させ、その干渉による光強度分布を利用して前記被加工物を加工するステップと、を備えたことを特徴とするレーザー加工方法。

【請求項 2】 前記分岐した各レーザービームの振幅を制御するステップを備えたことを特徴とする請求項 1 に記載のレーザー加工方法。

【請求項 3】 前記レーザービームの選択をそれらビームの振幅制御を利用して行うことを特徴とする請求項 2 に記載のレーザー加工方法。

【請求項 4】 前記選択した各レーザービームの位相を同位相とすることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載のレーザー加工方法。

【請求項 5】 前記選択した各レーザービームの位相を任意に調整して、前記レーザービームの干渉光強度分布を移動あるいは変化させることを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれかに記載のレーザー加工方法。

【請求項 6】 前記干渉による光強度分布を利用して、被加工物の表面を加工することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載のレーザー加工方法。

【請求項 7】 前記干渉による光強度分布を利用して、被加工物の内部を加工することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれかに記載のレーザー加工方法。

【請求項 8】 前記超短パルスレーザーの干渉による一次加工に引き続いて、その一次加工とは異なる二次加工を行うことを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれかに記載のレーザー加工方法。

【請求項 9】 前記一次加工で材料の屈折率変化を生じさせ、前記二次加工でその屈折率変化部分にウエットエッチングを施すことを特徴とする請求項 8 に記載のレーザー加工方法。

【請求項 10】 超短パルスレーザーを発振するレーザー発振器と、前記レーザー発振器で発振されたレーザービームを複数本のレーザービームに分岐する回折型素子と、前記回折型素子で分岐された複数本のレーザービームの中から所定のレーザービームを複数本選択する選択素子と、前記分岐されたレーザービームの振幅を制御する振幅変調手段と、前記分岐されたレーザービームの位相を制御する位相変調手段と、前記振幅及び位相が制御された複数本のレーザービーム

を干渉させる光路変更素子と、を備えたことを特徴とするレーザー加工装置。

【請求項 11】 前記回折型素子として位相格子あるいは計算機プログラムを備えたことを特徴とする請求項 10 に記載のレーザー加工装置。

【請求項 12】 前記選択素子として所定位置に開口を有したアパーチャを備えたことを特徴とする請求項 10 又は 11 に記載のレーザー加工装置。

【請求項 13】 前記位相変調手段として位相差板を備えたことを特徴とする請求項 10 乃至 12 のいずれかに記載のレーザー加工装置。

【請求項 14】 前記位相変調手段として空間光変調器を備えたことを特徴とする請求項 10 乃至 12 のいずれかに記載のレーザー加工装置。

【請求項 15】 前記振幅変調手段として ND フィルタを備えたことを特徴とする請求項 10 乃至 14 のいずれかに記載のレーザー加工装置。

【請求項 16】 前記振幅変調手段として空間光変調器を備えたことを特徴とする請求項 10 乃至 14 のいずれかに記載のレーザー加工装置。

【請求項 17】 前記選択素子の前段にコリメータレンズを配置したことを特徴とする請求項 10 乃至 16 のいずれかに記載のレーザー加工装置

【請求項 18】 前記選択素子、前記振幅変調手段及び前記位相変調手段として機能する空間光変調器を備えたことを特徴とする請求項 10 又は 11 に記載のレーザー加工装置。

【請求項 19】 振幅変調を行う空間光変調器と位相変調を行う空間光変調器をそれぞれ個別に備え、これらの空間光変調器を直列に配置したことを特徴とする請求項 18 に記載のレーザー加工装置。

【請求項 20】 前記空間光変調器として、2 次元マトリックス型液晶パネルを備えたことを特徴とする請求項 18 又は 19 に記載のレーザー加工装置。

【請求項 21】 前記空間光変調器の前段にコリメータレンズを配置したことを特徴とする請求項 18 乃至 20 のいずれかに記載のレーザー加工装置。

【請求項 22】 前記光路変更素子として集光レンズを備えたことを特徴とする請求項 10 乃至 21 のいずれかに記載のレーザー加工装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、10<sup>-12</sup>～10<sup>-15</sup> sec の範囲の超短パルスレーザーの干渉露光を利用した加工に関する。

【0002】

【従来の技術】 超短パルスレーザーを利用した加工として、(1) 超短パルスをレンズで集光し、その集光光を被加工物の表面あるいは内部で移動させて、被加工物をアブレーション加工する方法がある。又、(2) 超短パ



ルスレーザーをダイクロイックミラー等で複数本に分割し、分割したレーザービームをミラー等で反射して被加工物の表面あるいは内部で干渉させ、その干渉に基づく光強度分布を利用して被加工物を加工する方法も知られている。

#### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記(1)の加工は、スポット加工であるため、加工範囲が広い場合には加工に多くの時間を要することになる。又、上記(2)の加工における従来の方法や装置では、干渉に使用するレーザービームの選択や、干渉に使用するレーザービームの位相や振幅の制御が容易ではなく、干渉パターンを変えて様々な態様の加工をさせるには適さない。さらに、レーザービームの干渉を利用した加工では、干渉光強度分布の山と谷の間隔も所定の間隔にする必要上、干渉させるレーザービームの干渉角度及び個々のビーム強度を正確に設定する必要がある。しかし、従来の方法や装置では、3本以上のレーザービームを干渉させる際、干渉させるビーム間の干渉角度を正確に設定することはきわめて困難であった。

【0004】本発明は上記課題を解決するためになされたもので、干渉露光を利用して加工効率を向上させることに加えて、加工態様の変更や干渉させるレーザービームの干渉角度の設定もより容易に行うことが可能な、超短パルスレーザーを利用した加工方法及び加工装置を提供することを目的とする。

#### 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明の方法は、超短パルスレーザーを回折型素子を利用して複数本のレーザービームに分岐するステップと、前記分岐した複数本のレーザービームの中から必要なレーザービームを複数本選択するステップと、前記分岐した複数本のレーザービームの位相を制御するステップと、前記位相が制御された複数本のレーザービームを干渉させ、その干渉による光強度分布を利用して前記被加工物を加工するステップと、を備えたことを特徴とする。これによれば、使用する回折型素子の設計により、分岐レーザービームの方向や強度を正確に得ることができ、従ってレーザービームの干渉角度及び個々のビーム強度の設定も容易になる。又、干渉させようとするレーザービームに対して個々に位相の制御を行うことができるため、干渉による光強度分布のきめ細かな制御が可能となる。

【0006】上記方法において、干渉させるレーザービームの強度は、回折型素子の設計により定めることができるが、その回折型素子で分岐された後のレーザービームの振幅を制御することで、干渉による光強度分布パターンを自在に制御できることになる。又、前記レーザービームの選択は、それらビームの振幅制御を利用して行うことができ、その場合には、レーザービームの選択とその振幅変調とを同時に行うことができる。

【0007】上記方法において、前記選択した各レーザービームの位相は同位相とするのを基本とするが、選択した各レーザービームの位相を適宜に調整することで、レーザービームの干渉による光強度分布を移動あるいは変化させることができ、加工範囲及び加工態様の変更が可能となる。

【0008】上記方法において、前記干渉による光強度分布により、干渉させるレーザービーム波長に対して不透明な被加工物を加工すると、干渉による2次元光強度分布により被加工物の表面加工が可能となる。又、前記干渉による光強度分布により、干渉させるレーザービーム波長に対して透明な被加工物を加工すると、干渉による3次元光強度分布により、被加工物内部の3次元加工が可能となる。

【0009】上記方法において、前記超短パルスレーザーの干渉による一次加工に引き続いて、その一次加工とは異なる二次加工を行うようにしてもよい。例えば、一次加工で材料の屈折率変化を生じさせ、二次加工でその屈折率変化部分にウエットエッチングを施すことができる。このように、超短パルスレーザーの干渉露光による加工の特徴を、他の加工に利用することで、さらに多様な加工が可能となる。

【0010】本発明の装置は、超短パルスレーザーを発振するレーザー発振器と、前記レーザー発振器で発振されたレーザービームを複数本のレーザービームに分岐する位相格子あるいは計算機ホログラム等の回折型素子と、前記回折型素子で分岐された複数本のレーザービームの中から所定のレーザービームを複数本選択する選択素子と、前記分岐されたレーザービームの振幅を制御する振幅変調手段と、前記分岐されたレーザービームの位相を制御する位相変調手段と、前記振幅及び位相が制御された複数本のレーザービームを干渉させる光路変更素子と、を備えたことを特徴とする。この装置によれば、使用する回折型素子の設計により、分岐レーザービームの方向や強度を正確に設定することができ、さらに光路変更素子の調整により、各レーザービームの干渉角度も正確に設定可能となる。又、干渉させようとするレーザービームに対して個々に位相及び振幅の制御を行うことができるので、干渉による光強度分布のきめ細かな制御が可能となる。

【0011】上記装置において、前記選択素子として所定位置に開口を有したアパーチャを備えることができる。アパーチャは選択するレーザービームの組み合わせに応じて、所定のレーザービームをのみ通過させる開口が形成されたアパーチャをそれぞれ使用する。

【0012】上記装置において、前記位相変調手段として位相差板あるいは空間光変調器を備えることができる。位相差板は空間光変調器に比して安価であり、加工態様が固定されている場合に使用するのに適している。一方、空間光変調器によれば、位相をいつでも自由に制

御できるので、加工態様をいろいろ変化させる場合に使用するのに適している。

【0013】上記装置において、前記振幅変調手段としてNDフィルタあるいは空間光変調器を備えることができる。NDフィルタは空間光変調器に比して安価であり、加工態様が固定されている場合に使用するのに適している。一方、空間光変調器によれば、振幅をいつでも自由に制御できるので、加工態様をいろいろ変化させる場合に使用するのに適している。

【0014】上記装置において、前記選択素子の前段にコリメータレンズを配置すると、選択素子の入射面にほぼ直交するようにレーザービームを入射させることができるので、その後の位相変調等の精度を上げることができる。

【0015】上記装置において、前記選択素子、前記振幅変調手段及び前記位相変調手段として機能する空間光変調器を備えることができる。この場合、位相変調手段として機能する空間光変調器と振幅変調手段として機能する空間光変調器とを一体の空間光変調器として構成してもよく、又、位相変調と振幅変調をそれぞれ別体の空間光変調器で行うようにしてそれらを直列に配置した構成としてもよい。なお、前記空間光変調器としては、2次元マトリックス型液晶パネルが利用できる。これによれば、干渉させるレーザービームの選択、位相の調整、振幅の調整が空間光変調器を制御することでいつでも可能となる。

【0016】上記装置において、前記空間光変調器の前段にコリメータレンズを配置すると、レーザービームを空間光変調器の入射面にほぼ直交するように入射させることができ、位相変調等の精度を上げることができる。

【0017】上記装置において、前記光路変更素子として、集光レンズを備えることができる。なお、この集光レンズを、光軸方向に移動可能に、あるいは交換可能に配置すると、各レーザービームの干渉領域や干渉角度の変更をすることができる。

【0018】

【発明の実施の形態】以下に、図面を参照しながら本発明の実施の形態を詳細に説明する。

【0019】図1は本発明の実施の形態に係るレーザー加工装置の構成図である。この装置は、超短パルスレーザーを発振する発振器1、1本のレーザービームを複数のレーザービームに分岐する位相格子2、レーザービームを光軸とほぼ平行にするコリメータレンズ3、レーザービームの位相や振幅を変調する液晶パネル4、液晶パネル4を駆動する液晶ドライバ5、及び光路変更素子と

$$\begin{aligned} |a(m, n)|^2 &= (1/P_x)(1/P_y) \iint \exp(j(\phi(x, y) \\ &\quad + 2\pi(mx/P_x + ny/P_y)) dx dy \cdots (2) \end{aligned}$$

【0024】ここで、 $\phi(x, y)$  は量子化された2次元の位相分布である。積分区間は、 $x, y$  方向ともに、

しての集光レンズ6を備えてなる。本構成では、コリメータレンズ3は第1のフーリエ変換レンズとして、集光レンズ6は第2のフーリエ変換レンズとして作用する。さらに、コリメータレンズ3と集光レンズ6はアフォーカル系を構成し、同アフォーカル系は特定の縮小率を有する。

【0020】超短パルスレーザー発振器1は $10^{-12} \sim 10^{-15}$  secの範囲のレーザーパルスを発振するものであり、そのパルス幅は例えば100フェムト秒、パルスエネルギーは例えば1~10mJとすることができる。又、利用できる波長は、例えば、800nmの基本波の他、その2倍波、3倍波も利用可能である。

【0021】回折格子の一種である位相格子2は、屈折率又は/及び厚さが格子面上で周期的な変化をする構造のもので、目的とする回折次数及び回折光強度の分岐レーザービームが得られるように、あらかじめ設計したものである。ただし、完全に目的のビームだけを取り出すようにすることは難しいため、位相格子2の後に目的とするビームのみを選択する手段が必要となる。又、分岐レーザービームの強度を、この位相格子2だけを利用して決定する構成としてもよいが、レーザービームの強度変更の自由度を持たせるために、位相格子2の後にビームの振幅を変調する手段を設けている。

【0022】コリメータレンズ3の後側焦平面（フーリエ変換面）において、分岐レーザービームの間隔は次式で与えられる。

$$\Delta x = \lambda f_1 / P_x \cdots (1-1)$$

$$\Delta y = \lambda f_1 / P_y \cdots (1-2)$$

ただし、 $\Delta x, \Delta y$  は直交する $x$ 及び $y$ 方向の分岐ビーム間隔である。 $\lambda$  はレーザービームの波長、 $f_1$  はコリメータレンズの焦点距離であり、 $P_x$  と  $P_y$  は位相格子の $x$  及び  $y$  方向の周期である。例えば、 $\lambda = 0.80 \mu\text{m}$ 、 $f_1 = 500 \text{mm}$ 、 $P_x = P_y = 400 \mu\text{m}$  とすると、 $\Delta x = \Delta y = 1.0 \text{mm}$  となる。

【0023】位相格子の設計には反復的最適化手法を用いる必要があり、例えば、シミュレーテッドアニーリグ法を用いることができる。シミュレーテッドアニーリグ法の基本的な考えは、例えば、Journal of Optical Society of America A/Vol. 5, No.1/January 1998, pp30-38、に紹介されている。本実施の形態では、位相格子の位相分布は階段状に量子化されたものであるとする。設計パラメータは、位相が変化する位置の座標と位相値である。スカラー理論の範疇では、 $(m, n)$  次の回折光強度  $|a(m, n)|^2$  は以下の式で計算できる。

1周期とする。設計においては、加工に用いる複数の回折次数にビームエネルギーが所定の割合で集中するよう

に位相分布 $\phi(x, y)$ を最適化する。本実施の形態では、表面凹凸型の位相格子を用いてビーム分岐を行う。

$$h(x, y) = (\lambda / (n - 1)) \cdot \phi(x, y) / 2\pi \quad \dots (3)$$

ただし、 $n$ は格子媒体の屈折率である。

【0025】なお、位相格子2の代わりに、計算機によって作成したホログラムである計算機ホログラムを用いてもよい。

【0026】空間光変調器である液晶パネル4には、例えば、TFTを用いて液晶を駆動する液晶パネルあるいは非線型素子を用いて液晶を駆動する液晶パネルを用いることができる。これらの場合、液晶材料にはネマチック液晶が使用されており、図2のように共通基板を境にネマチック液晶を両側に配置し、それらを駆動基板で挟んだ構造とし、一方の液晶の配行を利用して位相変調を、他方の液晶の配行を利用して振幅変調を行わせるものとする。又、液晶パネル4は、例えば、図3に示すようなドットマトリックス型とする。液晶ドライバ5でマトリックス状に配置された各画素4aを駆動し、特定のビームのみを通過させ、かつ、そのビームに所要の位相変調を加える。なお、分岐レーザービームの中から特定のものを容易に選択できるようにするには、分岐レーザービーム間に一定の間隔が必要である。本実施の形態で用いた液晶パネル4の画素寸法は1.0mm×1.0mmであり、本実施の形態ではこれに合わせて、分岐ビーム間隔を、 $x$ 、 $y$ 両方向に対して1.0mmとした。

【0027】なお、液晶パネル4は、レーザービームによる損傷を防止するため、コリメータレンズ3の焦点面から前あるいは後ろに少しずらして配置する。

【0028】集光レンズ6は、光軸方向に移動可能あるいは交換可能に配置し、集光レンズ6の操作によって、各レーザービームの干渉発生位置及び干渉角度を変更できるようにしている。なお、集光レンズ6は単体のレンズでもよいが、複数のレンズを組み合わせて構成してもよい。

【0029】コリメータレンズ3と集光レンズ6から構

$$I(x, y, z) = \left| \sum \sum a(m, n) \cdot \exp(j(k(m, n) \cdot r + \phi(m, n))) \right|^2 \quad \dots (5)$$

ただし、 $a(m, n)$ は $(m, n)$ 次の分岐ビームの振幅、 $\phi(m, n)$ は $(m, n)$ 次の分岐ビームの位相、 $k(m, n)$ は $(m, n)$ 次の分岐ビームの波数ベクトル、 $r$ は位置ベクトル、波数ベクトル $k$ と位置ベクトル $r$ の間のドット「 $\cdot$ 」は、ベクトル積を表す。干渉に関与する回折次数 $m$ 、 $n$ について和をとる。式(5)からわかるように、干渉による光強度分布は3次元的な広がりを有している。

【0032】被加工物10の加工態様は、レーザービームの干渉による光強度分布から決まる。言い換えれば、被加工物10の加工態様は、分岐レーザービームの選択(回折次数及び本数の選択)、位相変調、振幅変調、及び各レーザービームの干渉角度の組み合わせにより異な

る。位相格子の深さ $h(x, y)$ は以下の式から決まる。

成されるアフォーカル系の縮小率と焦点距離ならびにビーム径の間には、以下の式が成り立つ。

$$F1 : F2 = D1 : D2 \quad \dots (4)$$

ここで、 $f1$ はコリメータレンズ3の焦点距離、 $f2$ は集光レンズ6の焦点距離である。 $D1$ は入射ビーム径、 $D2$ は出射ビーム径である。例えば、縮小率を0.1とした場合、 $f1 = 500\text{mm}$ 、 $f2 = 50\text{mm}$ の条件では、 $D1 = 5.0\text{mm}$ に対して $D2 = 0.50\text{mm}$ となる。

【0030】上記のレーザー加工装置は、目的の加工を行うためにあらかじめ設計された光強度分布を、被加工物に与えるために用いられるものであり、以下のように動作する。すなわち、超短パルスレーザー発振器1から発振された超短パルスレーザービームは、位相格子2による回折により、複数のレーザービームに分岐される。続いて、分岐されたレーザービームはコリメータレンズ3で光軸とほぼ平行にされた後、液晶パネル4のパネル面にほぼ直交するように入射する。液晶パネル4では、液晶ドライバ5を利用して、入射レーザービームに対して所要の位相変調及び振幅変調を加える。振幅変調は、液晶パネルの特定の画素の透過率を高くあるいは低く設定することにより行い、これによって分岐レーザービームの中から目的の回折次数のビームを必要な本数選択する。そして、この選択により、液晶パネル4を通過した複数のレーザービームは、集光レンズ6でその進行方向が変更されて、互いのレーザービームが被加工物10の表面あるいは内部で干渉するように照射される。これにより、被加工物10には干渉による光強度分布が生じ、それによって被加工物10にアブレーション又は/及び屈折率変化による加工が施される。

【0031】なお、干渉による光強度分布 $I(x, y, z)$ は次式で与えられる。

るため、それらを適宜に組み合わせることで多様な干渉光強度分布が形成され、この干渉光強度分布を利用することにより様々な加工が可能となる。

【0033】2つの光束の干渉によって生じる干渉縞は正弦波の分布をしているが、光束の数がさらに増えてゆくと干渉縞は複雑な分布となる。そして、多数の光束がある点で位相が揃って重なると、その点の強度分布は鋭いピークを持つ。例えば、2本のレーザービームを干渉させる場合には、図4の様な周期的な光強度分布(側面図)が得られ、又、3本のレーザービームを互いに120度の角度で干渉させると図5のような六角対称性を有する光強度分布(平面図)が得られ、それぞれの光強度分布に応じた加工が可能となる。

【0034】レーザービームの干渉を利用した加工の態様は、被加工物がレーザービーム波長に対して不透明か透明かという条件によっても異なってくる。レーザービーム波長に対して不透明な被加工物を加工する場合は、干渉による２次元の光強度分布を利用して、その干渉領域でアブレーションによる物質の除去が可能になる。このような表面加工の場合、被加工物に照射するレーザーパルスは、単発のパルスあるいは複数のパルスのいずれであってもよい。

【0035】これに対して、レーザービーム波長に対して透明な被加工物を加工する場合は、干渉による３次元の光強度分布を利用して、その干渉領域の屈折率変化又は／及びアブレーションによる物質の除去が行える。このような被加工物の内部を加工する際には、最初のレーザーパルスの照射で内部の物質変化が起こり、引き続くパルスの照射による加工態様を予測するのが困難となる

$$I(x, y, z) = |a_1|^2 + |a_2|^2 + 2|a_1||a_2|\cos(2\pi x/\Lambda + \Delta\phi) \cdots (6)$$

ただし、 $|a_1|$ 、 $|a_2|$ は２本のビームの振幅、 $\Lambda$ は干渉光強度分布の周期、 $\Delta\phi = \phi_1 - \phi_2$ はビーム間の位相差である。式(6)からわかるように、位相差 $\Delta\phi$ に変化を与えると干渉光強度分布が移動する。この現象を利用して、被加工物に対する干渉光強度分布の照射位置を加工中に、あるいは加工に先立って変えることで、一定の範囲において物質を均一に除去する等の加工が可能になる。

【0038】上記のレーザー加工装置によれば、所望の設計をした位相格子２を用いることにより、分岐するレーザービームの次数、本数、及び強度をあらかじめ設定できるため、それによって他の構成を簡素化することができる。又、分岐レーザービームの選択、位相、及び振幅の変調を１つの液晶パネル４で行うため構成が簡素化され、しかもそれらを必要なときにいつでも自由に行うことができる。さらに、これらのことから、レーザービームの干渉角度の設定も従来に比してかなり容易となる。

【0039】図７は本発明のレーザー加工装置の他の実施の形態を示す構成図である。これは、図１の液晶パネル４が行っていた位相変調と振幅変調の作用を、別体の２つの液晶パネル７を用いて、それぞれの液晶パネルが一方の変調のみを行うようにしたものである。すなわち、超短パルスレーザー発振器１、位相格子２の後に、コリメータレンズ３、液晶パネル７及び集光レンズ６からなる２組の光学系（第１群光学系と第２群光学系）を直列に配置したものである。第１群の集光レンズ６と第２群のコリメータレンズ３とで、等倍率のアフォーカル系を構成し、２枚の液晶パネル７の対応する画素を合わせている。この場合、位相変調と振幅変調を行う順序は問わない。この装置は図１の装置より光学系が大きくなるが、汎用性の高い液晶パネルを利用できるという利点

と予想されるので、１つのパルスのみを利用した加工とすることが望ましい。

【0036】又、上記の超短パルスレーザーを用いた加工を一次加工として、さらに一次加工とは別の加工を施すこともできる。例えば、一次加工において物質の屈折率変化を生じさせ、その部分をウェットエッチングすることにより、内部に空洞を形成することができる。

【0037】本発明のレーザービームによる干渉は、干渉させようとする各レーザービームの位相を同位相にすることで行うことを基本とするが、複数のレーザービームの間に位相差を与えることにより、干渉光強度分布を移動あるいは変化させて、加工範囲及び加工態様を変化させることも可能である。その場合、干渉光強度分布の移動量は、加えた位相変調量に比例する。例えば、図６に示すような２光束干渉の場合、干渉光強度分布は次式で与えられる。

がある。

【0040】図８は本発明のレーザー加工装置のさらに他の実施の形態を示す構成図である。これは、図１の構成において、液晶パネル４の前段に配置していたコリメータレンズをなくしたもので、これにより、レーザー加工装置の構成をさらに簡素化させることができる。ただし、位相変調の精度を上げるためには、位相格子２と液晶パネル４の間隔を十分にとって、液晶パネル４へ入射するビームができるだけ光軸と平行になるようにする必要がある。なお、図中の符号８は、図１の集光レンズ６に対応する集光レンズを示している。

【0041】図９は本発明のレーザー加工装置のさらに他の実施の形態を示す構成図である。この装置は、図１の装置における、液晶パネル４に対応する部分を、アパーチャ１１、位相差板１２、及びNDフィルタ１３で構成したもので、その他の構成は図１の装置と同様とする。

【0042】アパーチャ１１は、位相格子２で分岐されたレーザービームの内、必要なビームのみを通過させるように対応部分に開口が形成されたもので、不要な分岐ビームはこのアパーチャ１１で反射される。従って、アパーチャ１１は、位相格子２に対して一定の位置関係を維持するように配置される。選択する分岐ビームを変更する時には、あらかじめ作成しておいた対応する別のアパーチャに交換するか、あるいは、あらかじめマトリックス状に開口が多数配置されたアパーチャを用いて、変更に応じて必要箇所以外の開口を遮蔽するようにしてもよい。

【0043】位相差板１２は、分岐された各レーザービーム間の位相を変更するもので、変更しようとする位相差に応じてそれぞれ異なる位相差板を用いる。

【0044】NDフィルタ１３は、分光選択吸収を示

さない無彩色のフィルタで、レーザービームの振幅を変更するために用いられる。このNDフィルタ13も、変更しようとする振幅に応じてそれぞれ異なるものを用いる。なお、ここでは、位相差板12、NDフィルタ13の順に配置したが、それらの順序はいずれであってもかまわない。又、分岐レーザービームの強度を位相格子2にのみ依存させて、NDフィルタ13を用いない構成とすることもできる。

【0045】このような図9のレーザー加工装置は、以下のように動作する。すなわち、超短パルスレーザー発振器1から発振された超短パルスレーザービームは、位相格子2による回折により、複数のレーザービームに分岐される。続いて、分岐されたレーザービームはコリメータレンズ3で光軸とほぼ平行にされた後、アパーチャ11の入射面にほぼ直交するように入射する。アパーチャ11は、必要なレーザービームだけをその開口から通過させて、位相差板12に入射させこれにより各レーザービームの位相を同位相とする。位相が揃った各レーザービームは、続いてNDフィルタ13に入りその振幅が調整される。そして、NDフィルタ13を出た複数のレーザービームは、集光レンズ6でその進行方向が変更されて、互いのレーザービームが被加工物10の表面あるいは内部で干渉するように照射される。これにより、被加工物10には干渉による光強度分布が生じ、それによって被加工物10にアブレーション又は／及び屈折率変化による加工が施される。そして、この装置においても、図1の装置に準じたレーザービームの制御により、図1の装置の項で説明したと同様な、様々な態様の加工を行うことができる。

【0046】なお、アパーチャ11、位相差板12、NDフィルタ13の3つの要素の内、その1つ又は2つを空間光変調器に置き換えた、レーザー加工装置を構成することも可能である。

【0047】以上、各実施の形態で説明した超短パルスレーザーを用いた加工方法及び装置では、金属を含む各種材料の表面加工、すなわち、微細凹凸の形成や表面の改質等ができる。加えて、ガラス、石英、水晶、サファイア、ダイヤモンド等のレーザー透過物質の内部加工ができる。さらに、上記各実施の形態に示したレーザー加工方法及び装置により、微細3次元加工が可能となるので、これを利用してフォトニック結晶中に適当な欠陥や空洞を形成し、導波路、光変調器、光スイッチ等の光集積回路、光デバイスを製造することが可能となる。

【0048】

【発明の効果】本発明のレーザー加工方法によれば、回折型素子の設計により、分岐レーザービームの方向や強

度を正確に得ることができ、従ってレーザービームの干渉角度及び個々のビームの強度の正確な設定が容易になる。又、干渉させようとするレーザービームに対して個々に位相の制御を行うことができるため、干渉による光強度分布のきめ細かな制御が可能となる。本発明のレーザー加工装置によれば、回折型素子の設計により、分岐レーザービームの方向や強度を正確に設定することができ、さらに光路変更素子の調整により、各レーザービームの干渉角度及び個々のビームの強度の正確な設定が容易となる。又、干渉させようとするレーザービームに対して個々に位相及び振幅の制御を行うことができるので、干渉による光強度分布のきめ細かな制御が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態のレーザー加工装置の構成図。

【図2】図1の装置で使用する液晶パネルの一例を示す構造図。

【図3】図1の装置で使用する液晶パネルの一例を示す正面図。

【図4】2本のレーザービームの干渉パターンの一例を示す側面図。

【図5】3本のレーザービームの干渉パターンの一例を示す平面図。

【図6】2本のレーザービームの位相を相違させて干渉させる例を示す概念図。

【図7】本発明の他の実施の形態のレーザー加工装置の構成図。

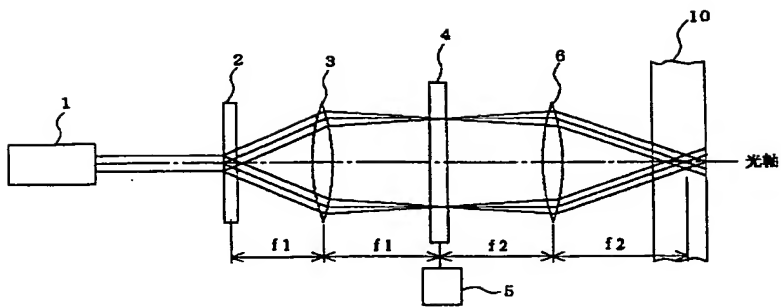
【図8】本発明の他の実施の形態のレーザー加工装置の構成図。

【図9】本発明の他の実施の形態のレーザー加工装置の構成図。

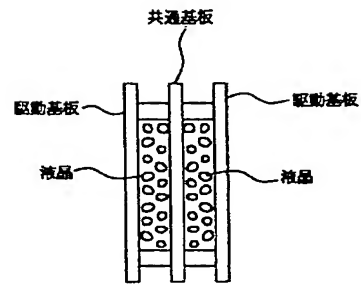
【符号の説明】

- 1... 超短パルスレーザー発振器
- 2... 位相格子
- 3... コリメータレンズ
- 4... 空間光変調器（液晶パネル）
- 5... 液晶ドライバ
- 6... 集光レンズ
- 7... 空間光変調器（液晶パネル）
- 8... 集光レンズ
- 10... 被加工物
- 11... アパーチャ
- 12... 位相差板
- 13... NDフィルタ

【図1】



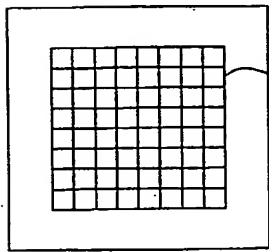
【図2】



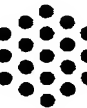
【図4】



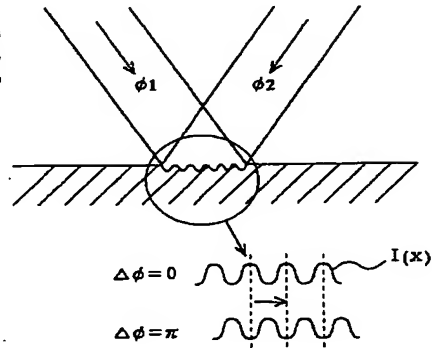
【図3】



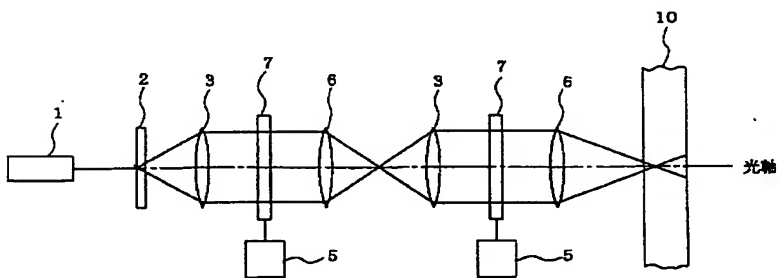
【図5】



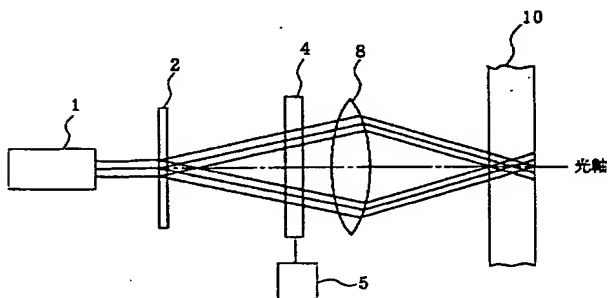
【図6】



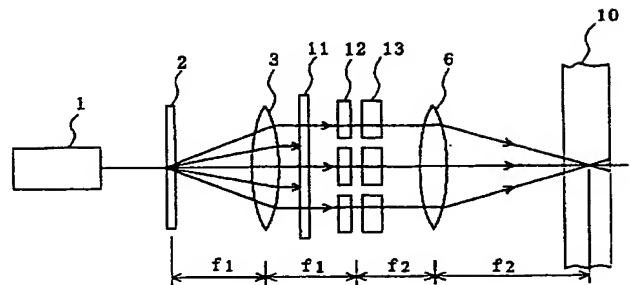
【図7】



【図8】



【図9】



## フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7	識別記号	F I	テーマコード (参考)
G 0 3 F 7/20	5 0 5	G 0 3 F 7/20	5 0 5

Fターム (参考) 2H049 AA03 AA25 AA34 AA50  
2H079 AA02 BA01 BA03 CA02 CA24  
DA08 GA05 KA01 KA08 KA18  
2H088 EA22 EA37 GA02 HA08 KA05  
MA20  
2H097 AA03 BB10 CA17  
4E068 CD03 CD05



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) Publication number:

**0 540 759 A1**

(12)

**EUROPEAN PATENT APPLICATION**  
published in accordance with Art.  
158(3) EPC

(21) Application number: **92910576.5**

(51) Int. Cl.<sup>5</sup>: **G02F 1/13, G03H 1/08,  
G02B 27/46**

(22) Date of filing: **20.05.92**

(86) International application number:  
**PCT/JP92/00644**

(87) International publication number:  
**WO 92/21050 (26.11.92 92/29)**

(30) Priority: **21.05.91 JP 116058/91**  
**24.05.91 JP 120383/91**  
**07.05.92 JP 114479/92**  
**14.05.92 JP 122136/92**

(43) Date of publication of application:  
**12.05.93 Bulletin 93/19**

(84) Designated Contracting States:  
**CH DE FR GB IT LI NL**

(71) Applicant: **SEIKO EPSON CORPORATION**  
**4-1, Nishishinjuku 2-chome**  
**Shinjuku-ku Tokyo 163(JP)**

(72) Inventor: **AMAKO, Jun, Seiko Epson**  
**Corporation**

**3-5, Owa 3-chome Suwa-shi**  
**Nagano-ken 392(JP)**

Inventor: **MIURA, Hirotuna, Seiko Epson**  
**Corporation**

**3-5, Owa 3-chome Suwa-shi**  
**Nagano-ken 392(JP)**

Inventor: **SONEHARA, Tomio, Seiko Espon**  
**Corporation**

**3-5, Owa 3-chome Suwa-shi**  
**Nagano-ken 392(JP)**

(74) Representative: **Blumbach Weser Bergen**  
**Kramer Zwirner Hoffmann Patentanwälte**  
**Radeckestrasse 43**  
**W-8000 München 60 (DE)**

(54) **OPTICAL DEVICE AND OPTICAL MACHINING SYSTEM USING THE OPTICAL DEVICE.**

(57) An optical device which can inscribe a pattern not only to a flat surface but also to a curve surface by using a liquid crystal spatial optical modulator, and which has high optical utilization efficiency; an optical device which can form a cube having a curve surface by using a liquid crystal spacial optical modulator, and which has high optical utilization efficiency; and an optical machining system having high versatility by mounting these optical devices on a robot. The optical device includes at least a coherent light source, a liquid crystal spatial modulator for controlling a wave plane of light from the coherent light source, and means for recording a complex amplitude distribution to the liquid crystal spatial optical modulator.

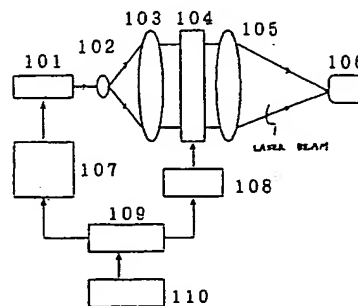


Fig. 1

EP 0 540 759 A1



## Field of the Invention

The invention relates to (1) an optical device for pattern reproduction that combines a coherent light source and a spatial light modulator, and (2) an optical processing system that uses this optical device.

## Background of the Invention

The prior art technology is explained here while referring to pattern scribing technology that utilizes light.

Prior art pattern scribing devices (laser scribing devices) that utilize light are generally divided up into the following two methods.

(1) Laser beam scanning method

(2) Mask method

Method (1) performed scribing on the material by scanning the laser beam two dimensionally according to a pattern by means of a galvanomirror or a polygon mirror (Japanese Laid-Open Patent Publication 56-118860).

Method (2) performed scribing by irradiating a laser beam on a mask in which the pattern to be scribed was formed as openings and projecting the pattern reduced on the material via an imaging lens. Initially, metal plates in which the openings were formed were used as the mask medium. However, due to the cost and trouble of producing the mask, liquid crystal spatial light modulators have received attention in recent years for use as variable masks.

In the method that uses a liquid crystal spatial light modulator as a variable mask, the two-dimensional optical switching effect of the liquid crystal spatial light modulator is utilized to record the pattern as is as a density. FIG. 20 shows the configuration of a prior art laser scribing device. The light emitted from the laser source 2001 illuminates the twisted nematic (TN)-mode liquid crystal spatial light modulator 2004 on which the density mask of the pattern has been recorded. The transmitted light is converged by the lens 2005 to image the pattern on the surface of the material 106. Those parts of the material surface on which the pattern is imaged are evaporated by the heat of the laser, whereby the pattern is scribed. A (1) TN (twisted nematic)-mode (Japanese Laid-Open Patent Publications 60-174671, 1-176563, 1-176564 and 1-216851) or (2) scattering-mode (Japanese Laid-Open Patent Publications 1-1577912 and 3-18491) is used as the liquid crystal spatial light modulator.

In addition to these, there have been applications regarding laser scribing devices that use a liquid crystal spatial light modulator as an open mask. Those that have been searched so far are

listed below.

Japanese Laid-Open Patent Publications 62-127710 and 1-257821 U.S. Patent Nos. 458605, 4734558, 4818835 and 4937424 However, since prior art laser scribing devices used the variable pattern displayed on the liquid crystal spatial light modulator as a mask, their light utilization efficiency was low. Therefore, when the pattern to be scribed had a small total surface area such as in short character strings or line images, a high-output laser source (or excitation light source) was required, which markedly lowered production efficiency. Also, in order to scribe a pattern on a curved surface, it was necessary to move the lens, mirror and other optical elements at high speed in the direction of depth, thus greatly complicating the device configuration.

The invention is intended to solve these problems, and its purpose is to (1) offer an optical device with high light utilization efficiency and that is capable of scribing patterns on curved surfaces by a simple means, (2) offer an optical device with high light utilization efficiency and that is capable of three-dimensional formation of curved surfaces, and (3) offer a widely applicable optical processing system that mounts these devices on robots.

## Disclosure of the Invention

The first optical device of the invention comprises at least a coherent light source, a spatial light modulator for controlling the wavefront of the light from the coherent light source, and a means that records the complex amplitude distribution on the spatial light modulator.

The second optical device of the invention is the first optical device wherein the complex amplitude distribution is a phase distribution.

The third optical device of the invention is the first or second optical device equipped with an optical system for guiding the light from the coherent light source to the spatial light modulator and an optical system for guiding the light from the spatial light modulator to where the pattern is to be reproduced.

The fourth optical device of the invention is any of the first to the third optical devices wherein the data input to the spatial light modulator is prepared based on the complex amplitude distribution corresponding to the diffraction image of the pattern to be reproduced.

The fifth optical device of the invention is any of the first to the fourth optical devices provided with a means that stores the data input to the spatial light modulator.

The sixth optical device of the invention is any of the first to the fifth optical devices wherein the means that prepares the data input to the spatial

light modulator is equipped with at least a means for Fourier transformation.

The seventh optical device of the invention is any of the first to the sixth optical devices wherein the means that prepares the data input to the spatial light modulator is equipped with at least a means for seeking inverse tangents.

The eighth optical device of the invention is any of the first to the seventh optical devices wherein the means that prepares the data input to the spatial light modulator is equipped with at least a means for generating random numbers.

The ninth optical device of the invention is any of the first to the eighth optical devices wherein the means that prepares the data input to the spatial light modulator is equipped with at least a means for seeking the lens phase distribution.

The tenth optical device of the invention is any of the first to the ninth optical devices provided with a means that changes the output of the coherent light source nearly proportionally to the area of the pattern to be reproduced (that part where the intensity is not zero).

The eleventh optical device of the invention is any of the first to the tenth optical devices provided with a means for correcting wavefront aberrations of the light from the coherent light source.

The twelfth optical device of the invention is any of the first to the eleventh optical devices wherein a light-guide member is provided between the spatial light modulator and the material.

The thirteenth optical device of the invention is any of the first to the twelfth optical devices wherein a Fourier transformation lens is provided between the spatial light modulator and where the pattern is to be reproduced.

The fourteenth optical device of the invention is any of the first to the thirteenth optical devices wherein a dual-diffraction optical system comprising a Fourier transformation lens and an auxiliary lens is provided between the spatial light modulator and where the pattern is to be reproduced and a spatial filter is provided between the Fourier transformation lens and the auxiliary lens.

The fifteenth optical device of the invention is any of the first to the fourteenth optical devices provided with an auxiliary lens and a drive means.

The sixteenth optical device of the invention is any of the first to the fifteenth optical devices wherein the spatial light modulator is a phase modulation type.

The seventeenth optical device of the invention is any of the first to the fifteenth optical devices wherein the spatial light modulator is an amplitude-phase modulation type.

The eighteenth optical device of the invention is any of the first to the seventeenth optical devices wherein the spatial light modulator is a liquid cry-

stal spatial light modulator.

The nineteenth optical device of the invention is the eighteenth optical device wherein the liquid crystal spatial light modulator comprises two phase modulation-type liquid crystal spatial light modulators disposed forward and back such that their respective corresponding pixels correctly face each other.

The twentieth optical device of the invention is the eighteenth optical scribing device provided with two light paths whose polarization directions are perpendicular to each other and liquid crystal spatial light modulators disposed in each of the light paths.

The twenty-first optical device of the invention is any of the first to the twentieth optical devices wherein the liquid crystal spatial light modulator uses an active matrix drive system.

The twenty-second optical device of the invention is any of the first to the twenty-first optical devices provided with a means that measures the surface shape of the material to be scribed.

The twenty-third optical processing system of the invention is provided with any of the first to the twenty-second optical devices and a robot on which the optical devices are mounted.

#### Brief Description of the Drawings

- |    |        |  |
|----|--------|--|
| 30 | FIG. 1 | is a plan view showing the configuration of the laser scribing device of the first embodiment;             |
|    | FIG. 2 | is a block diagram showing the configuration of the control device of the laser scribing device;           |
| 35 | FIG. 3 | shows the patterns scribed on the material;  |
|    | FIG. 4 | is a graph showing the light-wave modulation characteristic of the liquid crystal spatial light modulator; |
| 40 | FIG. 5 | is a plan view showing the configuration of the laser scribing device of the second embodiment;            |
| 45 | FIG. 6 | is a plan view showing the configuration of the laser scribing device of the third embodiment;             |
|    | FIG. 7 | is a plan view showing the configuration of the laser scribing device of the fifth embodiment;             |
| 50 | FIG. 8 | is a plan view showing the configuration of another laser scribing device of the fifth embodiment;         |
| 55 | FIG. 9 | is a plan view showing the configuration of the laser scribing device of the sixth embodiment;             |

FIG. 10 (a)	is a side view showing the configuration of the light-guide member, and FIG. 10 (b) is a plan view showing the configuration of the light-guide member;	5	206	memory
			207	adder circuit
			208	multiplier circuit
			209	memory
			210	lens phase generation circuit
			211	memory
FIG. 11	is a plan view showing the configuration of the laser scribing device of the seventh embodiment;	10	212	Fast Fourier transformation circuit
			213	memory
			214	multiplier circuit
FIG. 12	is a plan view showing the configuration of the dual-diffraction optical system;		215	memory
			216	inverse tangent operation circuit
			217	quantization operation circuit
FIG. 13	is a plan view showing the configuration of the laser scribing device of the eighth embodiment;	15	218	output buffer
			601	control circuit
FIG. 14	is a cross section showing the configuration of the amplitude-phase modulation-type spatial light modulator in the ninth embodiment;	20	602	ROM
			603	input buffer
			604	CD ROM
			609	control device
			610	keyboard
FIG. 15	is a cross section showing the configuration of the liquid crystal spatial light modulator in the tenth embodiment;	25	618	output buffer
			801	phase mask for aberration correction
			901	Fourier transformation lens
			902	light-guide member
			1001	prism
FIG. 16	is a plan view showing the configuration of the laser scribing device of the eleventh embodiment;		1101	dual-diffraction optical system
			1201	Fourier transformation lens
			1202	spatial filter
			1203	auxiliary lens
FIG. 17	is a perspective view showing the configuration of the laser scribing system of the thirteenth embodiment;	30	1301	light-guide member
			1302	drive mechanism for auxiliary lens
			1401	TN-mode liquid crystal spatial light modulator
			1402	ECB-mode liquid crystal spatial light modulator
FIG. 18	is a plan view showing the configuration of the three-dimensional formation device of the fourteenth embodiment;	35	1501	element substrate of liquid crystal spatial light modulator a
			1502	liquid crystal layer of liquid crystal spatial light modulator a
FIG. 19	shows the hardened pattern; and		1503	opposing substrate of liquid crystal spatial light modulator a
FIG. 20	is a side view showing the configuration of a prior art laser scribing device.	40	1504	element substrate of liquid crystal spatial light modulator b
			1505	liquid crystal layer of liquid crystal spatial light modulator b
			1506	opposing substrate of liquid crystal spatial light modulator b
			1601	polarized beam splitter
			1602	polarized beam splitter
			1603	mirror
			1604	mirror
			1605a	liquid crystal spatial light modulator
			1605b	liquid crystal spatial light modulator
			1606a	drive circuit of liquid crystal spatial light modulator
			1606b	drive circuit of liquid crystal spatial light modulator
			1701	laser power source
			1702	optic fiber
Explanation of Numbers in Drawings				
101	laser source			
102	beam expander			
103	collimating lens	45		
104	liquid crystal spatial light modulator			
105	Fourier transformation lens			
106	material to be scribed			
107	power source for laser drive			
108	drive circuit for liquid crystal spatial light modulator	50		
109	control device			
110	input device			
201	control circuit			
202	font ROM	55		
203	input buffer			
204	random number generation circuit			
205	memory			

1703	robot body
1704	robot arm
1705	laser scribing device
1801	resin bath
1802	photocuring resin
1803	optical device of invention
1804	pattern
1901	part of pattern
1902	intensity distribution on reproduced pattern
2001	laser source
2002	beam expander
2003	collimating lens
2004	liquid crystal spatial light modulator
2005	imaging lens
2007	laser drive power source
2008	drive circuit for liquid crystal spatial light modulator

#### Preferred Embodiments for Implementing the Invention

The invention is explained in detail below based on embodiments.

#### First Embodiment

FIG. 1 shows the configuration of a laser scribing device that applies the optical device of the invention. The beam emitted from the laser source 101 is made an expanded parallel beam by the beam expander 102 and the collimating lens 103, and it illuminates the electrically controlled birefringence (ECB)-mode phase modulation-type liquid crystal spatial light modulator 104. The light receives two-dimensional phase modulation by the action of the computer hologram recorded on the liquid crystal spatial light modulator 104. Also, the prescribed pattern is imaged on the surface of the material 106 by the Fourier transformation lens 105. As a result, that part of the surface of the material irradiated by the laser either evaporates or is altered by heat, whereby the pattern is scribed. In the figure, 107 is the power source for driving the laser, 108 is the drive circuit for the liquid crystal spatial light modulator and 109 is the control device for controlling this. The characters or pattern to be scribed on the material is input from the input device 110. In this embodiment, a YAG laser with a wavelength of  $1.06\ \mu\text{m}$  is used as the laser source.

Next is a detailed explanation of how the data recorded on the liquid crystal spatial light modulator are prepared and the control device 108.

In the invention, a pattern is generated from the computer hologram recorded on the liquid crystal spatial light modulator, and this pattern is projected and scribed on the material. This is the major

difference from the prior art technique wherein the pattern was displayed as is on the liquid crystal spatial light modulator as an intensity distribution, and this intensity distribution was projected and scribed on the material by a lens system.

In this embodiment, a kinoform (refer to IBM J. Res. Dev. 13, 150-155 (1969)) is used as the computer hologram recorded on the liquid crystal spatial light modulator. This is because of the extremely high light utilization efficiency since kinoform can be recorded as only a phase structure. Further, since one phase component corresponds to one pixel, the limited number of the pixels of the liquid crystal spatial light modulator can be used effectively.

The method by which the phase structure of kinoform is calculated is explained. First, a random phase distribution is superposed on the input image (characters or pattern to be scribed) given as an amplitude distribution. Next, this complex data undergoes Fourier transformation. The result of extracting only the phase component of the Fourier-transformed image is the kinoform. According to our experiments, two values are sufficient for the random phase first given. The reproduced image is obtained by inverse Fourier transformation of the kinoform. However, this reproduced image generally has large errors with respect to the input image and much speckle noise.

In the invention, the following two methods have been proposed for improving the quality of the reproduced image.

#### (1) Recursive calculation

#### (2) Multiplex exposure

The recursive calculation method repeats calculation while correcting errors in the reproduced image with respect to the input image. A number of algorithms have been proposed; e.g., these are explained in detail in Opt. Eng. 19, 297-305 (1980) and Appl. Opt., 12, 2328-2335 (1973). In the multiplex exposure method, a plurality of kinoform with differing phase structures are prepared from one set of image data, and patterns are successively reproduced from these kinoform, whereby the speckle noise on the material is averaged. Below, the specific hardware configurations for realizing these respective methods are explained.

#### (1) Recursive calculation

FIG. 2 shows the configuration of the control device 108 used in this embodiment. Control signals are sent from the control circuit 201 to each of the circuits as required to efficiently perform the following processing with the proper timing.

The data input as character codes from the input device 109 are stored in the input buffer 203

after being converted to dot matrix data in the font ROM 202 (or as is if initially given as dot matrix data). The data are read out from the buffer to the memory 206 one character at a time.

The random number generation circuit 204 randomly generates data of two values (1 and -1 in this embodiment). These two values are grouped the same number of times as the number of dots in the character data and stored in memory 205. The data in memories 205 and 206 are multiplied together in the multiplier circuit 208 for each dot and stored in memory 209.

This data undergoes Fourier transformation in the two-dimensional, complex Fast Fourier transform circuit 212, and complex amplitude data are stored in memory 213. The lens data prepared by the lens phase generation circuit 210 are stored in memory 211. The data in memories 211 and 213 are multiplied together in the multiplier circuit 214 for each dot and stored in memory 215.

When only the phase data are extracted from these data by the inverse tangent operation circuit 216 and quantized (16 levels in this embodiment) in the quantization operation circuit 217, the kinoform data are obtained. Also, these kinoform data are stored in the output buffer 218 and are sent one frame at a time to the drive circuit 108 of the liquid crystal spatial light modulator.

When recursive calculation of the kinoform is performed, the phase data can be extracted from the data in memory 213 and the quantized data stored in memory 209. In this case, it is necessary to add an operation circuit that either determines the number recursions or evaluates the errors. The lens phases are superposed after completion of recursion.

Next is an explanation of the necessity of lens phases in the above data preparation process. The maximum diffraction efficiency of the kinoform is ideally 100 percent, but when actually recording to a spatial light modulator, there is only a little light that passes as is without receiving modulation in the spatial light modulator. This light becomes spot-shaped noise converged by the Fourier transformation lens. In order to remove this spot-shaped noise, a lens phase function is superposed on the kinoform in this embodiment. The light that receives modulation in the spatial light modulator forms an image at a position (reproduced image plane) separated from the focal plane of the Fourier transformation lens due to the lens phase. This makes the spot noise invisible. Also, by superposing the lens phase on the phase distribution of the kinoform, it is possible to reproduce the pattern without using a Fourier transformation lens or other optical elements. The position and size at which the pattern is reproduced can be freely changed by selecting the focal length of the lens phase. Fur-

ther, a pattern with depth can be reproduced by superposing and recording a plurality of kinoform (refer to Kogaku, 21, 155-156 (1992)).

When kinoform data were prepared according to the recursive calculation method and scribing was performed in this control device 108, uniform scribing with little speckle noise was achieved in which decreased quality due to quantization errors was suppressed.

## (2) Multiplex exposure

The configuration of the control device is the same as shown in FIG. 2. First, a plurality of random number data groups is prepared for one input image. Next, using the respective random number data, the kinoform data are prepared in the control device 108. When these kinoform are each prepared one at a time, reproduced images with speckle noise having no mutual correlation are obtained. Therefore, by successively rewriting these kinoform, the speckle noise is averaged in the reproduced image, whereby the S/N ratio of the reproduced image is improved. Further, since deviations in characteristics between the pixels of the liquid crystal spatial light modulator cancel each other out, a reproduced image with even greater quality is obtained.

By providing the reproduced image through Fourier transformation of the phase distribution of the kinoform, the intensity distribution  $I$  of the pattern obtained when scribing is performed while successively rewriting the plurality of kinoform data is given by

$$I = S | F \{K\} |^2 \quad (1)$$

Here,  $S$  is the sum of the intensity distributions and  $K$  is phase distribution of the kinoform. From equation (1), it can be seen that, in addition to speckle noise, intensity fluctuation in the reproduced image plane are averaged and become inconspicuous.

When kinoform data were calculated and scribing performed on hardware (control device 108) capable of executing this kind of multiplex exposure at high speed, scribing could be performed with better quality than the recursive calculation method. When calculating the kinoform data in the multiplex exposure method, the algorithms introduced in the above recursive calculation method (e.g., Opt. Eng. 19, 297-305 (1980) and Appl. Opt., 12, 2328-2335 (1973) can be utilized.

FIG. 3 shows an example of experimental results. First, a plurality of random number data is prepared for the two-value input image data (character parts are 1 and all other are zero). Next,

the kinoform data are prepared using these respective random number data. When these kinoform are reproduced one by one, speckle noise with no mutual correlation is generated. These are then rewritten at high speed (video rate here). When this is done, the position of the reproduced image does not move, but the speckle noise are averaged in the reproduced image, whereby the S/N ratio of the image is improved. As shown in FIG. 3 (a), speckle noise can no longer be seen in the scribed part. For comparison sake, the result of scribing by just one kinoform is shown in FIG. 3 (b). The speckle noise causes marked dropout in the character parts. Also, running due to speckle noise becomes noticeable around the character.

The control device 108 of this embodiment can calculate one kinoform (using 256 x 256 pixels) in approximately 10 ms. The kinoform is rewritten at video rate to match the response of the liquid crystal spatial light modulator, and a trigger signal is sent to the power source 107 for laser drive according to timing in sync with this and the YAG laser is activated.

Next is an explanation concerning the liquid crystal spatial light modulator used in this embodiment. The liquid crystal spatial light modulator of this embodiment is a matrix drive system having thin-film transistor (TFT) elements at each pixel, and it is capable of at least rewriting at video rate. The initial orientation of the liquid crystal molecules is a homogeneous orientation with no twist, and only the phase of the light wave can be continuously modulated (refer to Extended Abstracts (The 51st Autumn Meeting, 1990), 26a-H-10, The Japan Society of Applied Physics). The number of effective pixels is 256 x 256, and the size of each pixel is 200 x 200  $\mu\text{m}^2$ . The aperture is 190 x 190  $\mu\text{m}^2$ , and the numerical aperture is 90%. The side of the liquid crystal spatial light modulator on which the laser is incident is treated with a nonreflective coat.

The retardation Dnd of the liquid crystal layer was adjusted to match the wavelength (1.06  $\mu\text{m}$ ) of the YAG laser source, and a phase modulation of more than  $2\pi$  was realized. The light modulation characteristic of the liquid crystal spatial light modulator is shown in FIG. 4. By setting the pre-tilt angle slightly high when orienting the liquid crystal molecules, the change in amplitude accompanying phase adjustment can be suppressed enough to present no problem in practical application. The azimuth of the linearly polarized light extracted from the laser source 101 and the orientation of the liquid crystal spatial light modulator are arranged in the same plane. If the light from the laser source 101 is randomly polarized light, a polarizing plate is disposed in front of the liquid crystal spatial light modulator such that the azimuth

of the transmission axis of the polarizing plate is parallel to the orientation of the liquid crystal spatial light modulator.

This liquid crystal spatial light modulator is provided with a light-blocking film (black stripe) to protect the TFT elements. Generally, when a laser beam is incident on an object with a lattice structure such as a black stripe, higher order diffraction images appear in the reproduced image plane. The intensities of these diffraction images are given by

$$h^m = \{(a/p) \text{sinc}(\pi ma/p)\}^4 \quad (2)$$

Here, m is the diffraction order, p is the pixel pitch and a is the width of the pixel aperture.

Considering the relationship in equation (2), a liquid crystal spatial light modulator with an extremely large aperture compared to the light-blocking member is used. That is,  $p = 200 \mu\text{m}$  and  $a = 190 \mu\text{m}$ . When selected like this, the zero point ( $\pi ma/p = \pi$ ) of the sinc function in equation (2) nearly overlaps reproduced images of the first order or greater. At this time, the light gathered in the required reproduced image (0 order diffracted light) is 82 percent of the total. Since the intensity of the diffracted light of one order or greater with respect to the intensity of 0 order diffracted light is weak enough that it can be ignored, these duplicate images are not scribed on the material.

In the prior art amplitude mask method, only that part of the line that outlines the character or pattern becomes open, and therefore the utilization efficiency of the light ranges from several percent to a high of about 10 percent. Moreover, since it is necessary to scribe at maximum output even for characters with few dots to be scribed (e.g., periods, commas), it is understandable that light utilization efficiency is extremely low.

Since the intensity of higher order diffraction images is weak, this presents no problem, but by using a dual-diffraction optical system with a spatial filter between two lenses, they can be completely eliminated. The invention is described in another embodiment below.

In the laser scribing device of this embodiment, the focal point is adjusted by changing the focal length of the lens data superposed on the kinoform data according to the distance from the liquid crystal spatial light modulator to the material to be scribed. Since the reproduced image can be imaged at the desired position by changing the focal length of the lens, scribing on curved surfaces can be easily realized.

In the above embodiment, scribing was performed by recording kinoform data on the liquid crystal spatial light modulator, but it is possible to use holographic data calculated by Fresnel transform or other optical transform.

By means of the above configuration, compared to cases in which a prior art intensity modulation-type liquid crystal spatial light modulator is used as an open mask, it is possible to

- (1) scribe patterns on materials with not only flat surfaces but also curved surfaces with a high light utilization efficiency and
- (2) scribe images faithful to the original image in which speckle noise and other nonuniform intensity distributions are eliminated by scribing while successively rewriting a plurality of kinoform data prepared from one input image and having mutually differing phase structures.

In the configuration of this embodiment, it is possible to use an optical writing-type liquid crystal spatial light modulator instead of a matrix drive-type liquid crystal spatial light modulator. Also, the type of laser source can be selected according to the type of material being scribed and its surface condition, and argon laser, semiconductor laser, etc., can be used in addition to YAG laser. Further, depending on the laser wavelength, the retardation of the liquid crystal spatial light modulator can be adjusted to obtain a sufficient phase modulation characteristic.

## Second Embodiment

As described in the first embodiment, since the pattern is reproduced by the wavefront regenerative action of the phase function recorded on the phase modulation-type liquid crystal spatial light modulator, the light utilization efficiency of the scribing method of the invention is extremely good. However, since constant light passes through regardless of the character pattern, characters with few dots to be scribed (e.g., periods, commas) are bright, while characters with many dots (e.g., kanji with many picture elements) are dark.

This is solved by the invention as described below. The adder circuit 207 is added to the control device 108 in FIG. 2, and the number of display dots of the character data in memory 206 are counted by this adder circuit 207 (FIG. 5). In addition to the trigger signal described above, a signal that indicates the total number of display dots is sent to the power source 107 for laser drive. The power source 107 for laser drive adjusts the intensity of the excitation light according to this signal so that the intensity of the reproduced images is constant.

Due to the high light utilization efficiency of this method, energy consumption is low because of the small number of patterns requiring a large laser output, which is also beneficial for cooling of the device.

## Third Embodiment

Another configuration of the laser scribing device of the invention is shown in FIG. 6. The overall configuration is the same as the first embodiment. However, while the data sent to the liquid crystal spatial light modulator are calculated in succession in the first embodiment, previously prepared data are used in this embodiment.

Since the following processing is performed efficiently according to a prescribed timing as in the first embodiment, control signals are sent from the control circuit 301 to each of the circuits as required.

The character codes entered from the keyboard 310 are stored in the input buffer 603. The kinoform data corresponding to these character codes are read out sequentially from ROM 602 or from CD ROM 604 and stored in the output buffer 618. Also, these data are sent one frame at a time to the drive circuit 108 of the liquid crystal spatial light modulator. In addition to the kinoform data, the number of display dots of the character data to be scribed is stored in the ROM or CD ROM.

In order to reduce the speckle noise of the kinoform, pattern scribing is also executed by a multiplex exposure method in this embodiment. First, a plurality of random data is prepared for one input image data. Next, using these respective random data, the kinoform data are prepared. When each of these kinoform is reproduced, speckle noise with no mutual correlation is generated. By rapidly (video rate) rewriting these, the speckle noise is averaged on the reproduced image plane, though the position of the reproduced image does not move, and the S/N ratio of the image is improved. Since the deviation in the characteristics between the pixels of the liquid crystal spatial light modulator cancel each other out, a high quality reproduced image is obtained. Actually, absolutely no speckle noise could be seen in the reproduced image obtained.

In addition to the multiplex exposure method, a simulated annealing method (refer to Science 220, 671-680 (1983)) was used for calculating the kinoform data in this embodiment. By utilizing data after the cost function value has been made sufficiently small and converged, kinoform data with an optimized phase structure can be obtained and a reproduced image faithful to the input image can be obtained. Therefore, multiplexing of the data is not necessary since scribing is performed with one kinoform, thus allowing a large reduction in the storage capacity.

In this embodiment, the 256 characters determined by ASCII code are stored in ROM, and various font characters and symbols, including kanji characters, are stored on CD ROM. Other font



characters and symbols can be scribed by changing the CD ROM.

A CD ROM was used as the means for recording data in this embodiment, but a magnetooptical disc or hard disk may be used. It is also possible to combine either of these with the first or the second embodiments.

#### Fourth Embodiment

This embodiment has the configuration of the third embodiment with an added mechanism for adjusting the laser output. In addition to kinoform data, the number of display dots of the character data to be scribed is stored in the ROM or CD ROM in FIG. 6. A signal indicating this number of display dots is sent to the power source 107 for laser drive. The power source 107 for laser drive adjusts the intensity of the excitation light according to this so that the intensity of the reproduced image is constant.

Due to the high light utilization efficiency of this method, energy consumption is low because of the small number of patterns requiring a large laser output, which is also beneficial for cooling of the device.

#### Fifth Embodiment

FIG. 7 shows the configuration of this embodiment. Here, the light from the laser source is directly incident on the liquid crystal spatial light modulator. There are aberrations in the wavefront of the light from the laser source that are specific to the structure of the laser resonator. Therefore, a means is proposed that scribes while correcting these aberrations.

First, the aberrations are measured in advance, and data (aberration correction data) that describe the complex conjugate wavefront are stored in memory. The place of storage may be part of the memory or part of the ROM in the configurations of the first to the fourth embodiments, or it may be a dedicated memory provided separately. Also, these data are recorded on the liquid crystal spatial light modulator 104 superposed on the kinoform data in sync with the timing of scribing. By correcting aberrations in the laser beam in this way, correct patterns can be scribed with no distortion.

FIG. 8 shows another configuration, wherein a phase mask 801 that generates a complex conjugate wavefront of the aberrated wavefront is disposed in front of the liquid crystal spatial light modulator. The phase mask 801 is produced by ion etching of a glass or quartz substrate. This phase mask can be formed in advance on the substrate on the side of the liquid crystal spatial light modulator where the laser beam is incident.

An anamorphic optical element or other aspheric optical element is also effective as the means for correcting aberrations.

#### Sixth Embodiment

This embodiment features the disposition of a light-guide member behind the liquid crystal spatial light modulator in the first to the fifth embodiments. Its configuration is explained here by combining the configuration of the first embodiment with a light-guide member configured from a plurality of prisms.

Its configuration is shown in FIG. 9. The pre-scribed pattern is scribed on the surface of the material 106 via the Fourier transformation lens 901 and the light-guide member 902. FIG. 10 (a) and (b) are a side view and a plan view (from above), respectively, of the light-guide member 902. The light-guide member 902 comprises a plurality of transparent prisms 1001. The laser beam travels through these prisms while undergoing total reflection at the interface between the prism and air. By utilizing total reflection to change the direction of travel of the laser beam, loss of light energy is much smaller than when a plurality of metal mirrors is used. Of course, in order to satisfy the conditions of total reflection, the focal length of the Fourier transformation lens 801 and the focal length of the lens that is recorded on the liquid crystal spatial light modulator are established in advance.

Using a light-guide member makes it possible to shorten the length of the light path and make the device more compact.

#### Seventh Embodiment

This embodiment features a dual-diffraction optical system disposed behind the liquid crystal spatial light modulator and that comprises a Fourier transformation lens, a spatial filter and an auxiliary lens.

The overall configuration is shown in FIG. 11. The prescribed pattern is imaged and reproduced on the surface of the material 106 via the dual-diffraction optical system 1101. The magnification ratio of the dual-diffraction optical system 1101 can be freely changed depending on the purpose.

The configuration of the dual-diffraction optical system is shown in FIG. 12. The Fourier transformation lens 1201 is used to reproduce the pattern from the kinoform recorded on the liquid crystal spatial light modulator. Here, in order to shorten the length of the light path, a Fourier transformation lens 1201 with a relatively short focal length is used. In order to eliminate the higher order diffraction images generated due to the pixel



arrangement on the liquid crystal spatial light modulator, a spatial filter 1202 is disposed near the Fourier transformation plane of the Fourier transformation lens 1201. The spatial filter 1202 is configured such that the size of its aperture can be changed as required. An auxiliary lens 1203 is disposed behind the spatial filter 1202 so that the pattern to be reproduced can be enlarged in size and projected on the surface of the material.

The introduction of a dual-diffraction optical system makes it possible to eliminate higher order images and other spurious light so that the prescribed pattern is sharply scribed.

#### Eighth Embodiment

This embodiment features a drive mechanism for the auxiliary lens in the configuration (that which introduces a dual-diffraction optical system) of the seventh embodiment and a light-guide member disposed on the light path of the dual-diffraction optical system.

The configuration is shown in FIG. 13. Here, the spatial filter 1202 is disposed outside the light-guide member 1301, but it can be disposed inside the light-guide member 1301. The drive mechanism 1302 controls the position of the auxiliary lens 1203. The imaging magnification ratio of the pattern can be changed within a wide range by adjusting the position of the auxiliary lens 1203 with the drive mechanism 1302. Since the imaging plane of the pattern shifts back and forward at this time, it is necessary to move the Fourier transformation lens 1201 and the spatial filter 1202 at the same time. In this configuration, the Fourier transformation lens 1201 and the spatial filter 1202 are fixed to one support member, and therefore only the support member need be moved. Further, by adjusting the focal length of the lens phase function superposed on the kinoform data, the size of the scribing pattern can finely adjusted.

#### Ninth Embodiment

This embodiment utilizes an amplitude-phase modulation-type liquid crystal spatial light modulator capable of simultaneously and independently controlling the amplitude and phase of the light wave as the means for recording the hologram data for pattern reproduction. Other principal configuration elements are the same as in previously mentioned embodiments.

FIG. 14 shows the configuration of the amplitude-phase modulation-type liquid crystal spatial light modulator. In this configuration, a TN-mode liquid crystal spatial light modulator 1401 and an ECB-mode liquid crystal spatial light modulator 1402 are coupled together at a suitable

interval with their corresponding pixels facing each other. The amplitude of the light wave is modulated by the TN-mode liquid crystal spatial light modulator 1401, and the phase is modulated by the ECB-mode liquid crystal spatial light modulator 1402 (refer to Extended Abstracts (The 52nd Autumn Meeting 1991), 10a-ZK-2, The Japan Society of Applied Physics). The hatched areas in the figure are the liquid crystal layers in the respective liquid crystal spatial light modulators.

By utilizing an amplitude-phase modulation-type liquid crystal spatial light modulator, a good three-dimensional image can be reproduced, thus facilitating high quality scribing on material with curved surfaces.

#### Tenth Embodiment

FIG. 15 shows the configuration of the liquid crystal spatial light modulator in the optical device of the invention. The liquid crystal spatial light modulator comprises the two phase modulation-type liquid crystal spatial light modulators a and b disposed forward and back such that their respective corresponding pixels properly face each other. The liquid crystal spatial light modulators a and b are both ECB-mode matrix drive types, and their respective liquid crystal molecular orientations are perpendicular to each other. The liquid crystal spatial light modulator a performs phase modulation of one of the two polarized components, while the liquid crystal spatial light modulator b performs phase modulation of the other polarized component. In the figure, 1501, 1502 and 1503 indicate the element substrate, the liquid crystal layer and the opposing substrate, respectively, of the liquid crystal spatial light modulator a. Similarly, 1504, 1505 and 1506 indicate the element substrate, the liquid crystal layer and the opposing substrate, respectively, of the liquid crystal spatial light modulator b. Also, the hatched areas in the liquid crystal layers 1502 and 1505 are light-blocking films.

By making the opposing substrates 1503 and 1504 sufficiently thin and optimizing the size of the aperture of the liquid crystal spatial light modulator b, diffracted light that has passed through the desired pixels of the liquid crystal spatial light modulator a is prevented from leaking to the aperture of the pixels of the liquid crystal spatial light modulator b. The configuration before and after these liquid crystal spatial light modulators and their action are the same as in the configurations of the embodiments described above except that the number of drive circuits of the liquid crystal spatial light modulators is different.

By means of the above configuration, all of the polarized components of the light emitted from the light source can be utilized to scribe patterns.

#### Eleventh Embodiment

FIG. 16 shows the configuration of the optical device of the invention. The beam emitted from the laser source 101 is made expanded parallel light by the beam expander 102 and the collimating lens 103, and the action of the polarized beam splitter 1601 splits it into two polarized components perpendicular to each other, which are then incident on the ECB-mode phase modulation-type liquid crystal spatial light modulators 1605a and 1605b. Further, the prescribed pattern is reproduced from the respective polarized components by the action of the Fresnel transform type kinoform data recorded on the liquid crystal spatial light modulators 1605a and 1605b. The kinoform data recorded on the two liquid crystal spatial light modulators 1605a and 1605b may or may not be the same. The directions of orientation of the liquid crystal molecules in the liquid crystal spatial light modulators 1605a and 1605b are made perpendicular to each other. The two polarized components that pass through the liquid crystal spatial light modulators 1605a and 1605b are guided by the mirrors 1603 and 1604 and recombined in the polarized beam splitter 1602, from which they are incident on the dual-diffraction optical system. The subsequent configuration and action are the same as in the previously described embodiments except for the number of drive circuits for the liquid crystal spatial light modulators. In the figure, 1606a and 1606b are the respective drive circuits of the liquid crystal elements 1605a and 1605b. Descriptions of the control device, input device and laser power source in the figure are omitted here.

The configuration in FIG. 16 is based on the seventh embodiment, but it is not limited to this and it can be based on any of the first to the eighth embodiments.

By means of the above configuration, all of the polarized components of the light emitted from the laser source can be utilized to scribe patterns.

#### Twelfth Embodiment

This embodiment features a means for measuring the surface shape of the material to be scribed at the place of scribing. The means that measures the surface shape of the material to be scribed includes an autofocus method, a pattern projection method and a light interference method (refer to O plus E, No. 126, 87096 (1990)). The kinoform data (or hologram data) are prepared by computer from the shape data obtained by these

means and displayed on the liquid crystal spatial light modulator.

By providing a means for measuring the surface shape of the material to be scribed, scribing can be performed more quickly on a variety of materials with no specific surface shape.

#### Thirteenth Embodiment

FIG. 17 shows a robot on which the laser scribing device of the invention is mounted. The robot is an articulated robot, and the laser scribing device 1705 described in the previous embodiment is mounted on the arm 1704. The laser source 1701 is disposed separate from the main robot unit 1703. Therefore, the emitted beam is guided by the optical fiber 1702, and after it is made parallel light by the collimating lens disposed in the laser scribing device 1705, it illuminates the liquid crystal spatial light modulator also disposed in the laser scribing device 1705. Further, the pattern is reproduced from the kinoform recorded on the liquid crystal spatial light modulator and is scribed on the material.

Depending on the structure of the robot and the operating environment, the optical fiber can be either (1) disposed on the surface of the robot housing or (2) disposed inside the housing. In FIG. 5, the drive circuit for the liquid crystal spatial light modulator, the memory, the computer, etc., are omitted.

By mounting the laser scribing device on an articulated robot, the following is made possible.

(1) A plurality of different patterns can be scribed on one material by updating the phase structure recorded on the liquid crystal spatial light modulator in sync with the movement of the robot arm.

(2) Differing patterns can be scribed on a plurality of materials by updating the phase structure recorded on the liquid crystal spatial light modulator in sync with the movement of the robot arm.

(3) High quality scribing can be performed even on materials with complex shapes because the position of the liquid crystal spatial light modulator can be determined with high precision by controlling the arm.

In the configuration of this embodiment, the laser source, drive circuit for the liquid crystal spatial light modulator, memory, computer, etc., can all be disposed inside the robot housing.

#### Fourteenth Embodiment

A three-dimensional formation device that applies the optical device of the invention is explained.

FIG. 18 shows the configuration of the three-dimensional formation device. First, using the optical device 1803 of the invention, a two-dimensional pattern 1804 is reproduced in a resin bath 1801 filled with photocuring resin 1802. This causes the resin to harden in the shape of the pattern 1804. Next, the focal length of the lens function superposed on the kinoform data is changed, a pattern corresponding to a different part is reproduced, and the resin at that part is hardened. By repeating this process, a three-dimensional object is ultimately formed.

Also by means of the invention, the generation of speckle noise is suppressed by using the recursive calculation method or multiplex recording method described in the embodiments, thus making it possible to perform uniform resin hardening with no unevenness. Examples of experimental results are shown in FIG. 19. FIG. 19 (a) shows the pattern to be reproduced. Only 1901 in the square area is hardened and the area outside that area is left unhardened. When one set of kinoform data are reproduced, the intensity distribution on the straight line 1902 of FIG. 19 (a) becomes as shown in FIG. 19 (b). Deviations in this intensity are due to speckle noise. When a plurality of kinoform data are reproduced while successively rewriting them by the multiplexing recording method, however, the speckle noise is averaged and deviations in the intensity are eliminated as shown in FIG. 19 (c). By hardening the resin in this manner, resin outside the square area hardens very little even if relatively strong light should strike it momentarily since the accumulated exposure is small. Inside the square, however, the accumulated exposure is uniform everywhere and there are no dropouts in the pattern.

As described above, while the resin on one plane surface is being hardened, patterns are reproduced while successively rewriting a plurality of kinoform data by either recursive calculation or multiplex exposure and hardening of the resin progresses, and when it has been sufficiently hardened, the focal length of the lens function superposed on the kinoform data is changed and the same process is repeated. By this means, a high quality, three-dimensional object is formed.

Since the light utilization efficiency is high and there is no need to scan the laser beam two dimensionally in this embodiment, three-dimensional objects can be quickly formed.

A phase modulation-type liquid crystal spatial light modulator was used in this embodiment, but by using an amplitude-phase modulation-type liquid crystal spatial light modulator, a three dimensional image can be reproduced all at once, thus further simplifying three-dimensional formation.

## Applicability to Industry

By means of the invention, patterns are reproduced from computer holograms recorded on a liquid crystal spatial light modulator, and these patterns are projected and scribed on a material. This is the principal difference from the prior art in which scribing was performed by displaying the patterns as is on the liquid crystal spatial light modulator as intensity distributions and projecting the intensity distributions on the material by means of a lens system.

The optical device of the invention offers the following advantages.

(1) By reproducing patterns from computer holograms recorded on phase modulation-type liquid crystal spatial light modulators, desired patterns can be scribed on both flat and curved surfaces with extremely high light utilization efficiency.

(2) By using the recursive calculation or multiplex exposure methods described here, non-uniform intensity components occurring in the reproduced image plane are eliminated and high quality scribing with no dropout or running can be performed.

(3) Demand for scribing a large variety of patterns a little at a time can be easily accommodated by merely changing the data input to the liquid crystal spatial light modulator. Therefore, the work and cost required to produce masks can be greatly reduced.

(4) Further, by mounting the optical device of the invention on a robot and using it, restrictions on the shape, attitude, etc., of the material to be scribed can be greatly relaxed, thus facilitating scribing with good productivity.

(5) In application to three-dimensional formation using photocuring resin, high quality formation can be completed in a short time.

The above advantages are expected to greatly further the practical application of optical scribing devices and optical three-dimensional formation devices.

## Drawings

FIG. 1  
LASER BEAM  
FIG. 2  
202 FONTS  
203 BUFFER  
201 CONTROL CIRCUIT  
204 RANDOM NUMBER  
206 MEMORY  
205 MEMORY  
209 MEMORY  
208 MULTIPLICATION

212 FFT  
 210 LENS  
 213 MEMORY  
 211 MEMORY  
 214 MULTIPLICATION  
 215 MEMORY  
 216 INVERSE TANGENT  
 217 QUANTIZATION  
 218 BUFFER  
 FIG. 3 (a)  
 SCRIBED CHARACTERS  
 (b)  
 SCRIBED CHARACTERS  
 FIG. 4  
 PHASE CHANGE (RADIAN)  
 AMPLITUDE TRANSMITTANCE CHANGE  
 (RELATIVE VALUE)  
 APPLIED VOLTAGE (VOLTS)  
 FIG. 5  
 202 FONTS  
 203 BUFFER  
 201 CONTROL CIRCUIT  
 204 RANDOM NUMBER  
 207 ADDITION  
 206 MEMORY  
 205 MEMORY  
 209 MEMORY  
 208 MULTIPLICATION  
 212 FFT  
 210 LENS  
 213 MEMORY  
 211 MEMORY  
 214 MULTIPLICATION  
 215 MEMORY  
 216 INVERSE TANGENT  
 217 QUANTIZATION  
 218 BUFFER  
 FIG. 6  
 618 BUFFER  
 602 ROM  
 604 CD ROM  
 603 BUFFER  
 601 CONTROL CIRCUIT  
 FIG. 7  
 ABERRATED WAVEFRONT  
 FIG. 8  
 FIG. 9  
 FIG. 10  
 (a)(b)  
 FIG. 11  
 FIG. 12  
 FIG. 13  
 FIG. 14  
 FIG. 15  
 FIG. 16  
 FIG. 17  
 LASER BEAM MATERIAL DIRECTION OF

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

TRANSPORT  
 TRANSPORT SYSTEM  
 FIG. 18  
 FIG. 19  
 (a)(b) INTENSITY POSITION  
 (c) INTENSITY POSITION  
 FIG. 20

#### Claims

1. An optical device for reproducing patterns in space and comprising at least a coherent light source, a spatial light modulator for controlling the wavefront of the light from the coherent light source, and a means that records the complex amplitude distribution on the spatial light modulator.
2. The optical device of claim 1 wherein the complex amplitude distribution is a phase distribution.
3. The optical devices of claims 1 and 2 equipped with an optical system for guiding the light from the coherent light source to the spatial light modulator and an optical system for guiding the light from the spatial light modulator to where the pattern is to be reproduced.
4. The optical devices of claims 1 to 3 wherein the data input to the spatial light modulator is prepared based on the complex amplitude distribution corresponding to the diffraction image of the pattern to be reproduced.
5. The optical devices of claims 1 to 4 provided with a means that stores the data input to the spatial light modulator.
6. The optical devices of claims 1 to 5 wherein the means that prepares the data input to the spatial light modulator is equipped with at least a means for Fourier transformation.
7. The optical devices of claims 1 to 6 wherein the means that prepares the data input to the spatial light modulator is equipped with at least a means for seeking inverse tangents.
8. The optical devices of claims 1 to 7 wherein the means that prepares the data input to the spatial light modulator is equipped with at least a means for generating random numbers.
9. The optical devices of claims 1 to 8 wherein the means that prepares the data input to the spatial light modulator is equipped with at least

- a means for seeking the lens phase distribution.
10. The optical devices of claims 1 to 9 provided with a means that changes the output of the coherent light source nearly proportionally to the area of the pattern to be reproduced (that part where the intensity is not zero).
  11. The optical devices of claims 1 to 10 provided with a means for correcting wavefront aberrations of the light from the coherent light source.
  12. The optical devices of claims 1 to 11 wherein a light-guide member is provided between the spatial light modulator and where the pattern is to be reproduced.
  13. The optical devices of claims 1 to 12 wherein a Fourier transformation lens is provided between the spatial light modulator and where the pattern is to be reproduced.
  14. The optical devices of claims 1 to 13 wherein a dual-diffraction optical system comprising a Fourier transformation lens and an auxiliary lens is provided between the spatial light modulator and where the pattern is to be reproduced and a spatial filter is provided between the Fourier transformation lens and the auxiliary lens.
  15. The optical device of claim 14 provided with an auxiliary lens and a drive means.
  16. The optical devices of claims 1 to 15 wherein the spatial light modulator is a phase modulation type.
  17. The optical devices of claims 1 to 15 wherein the spatial light modulator is an amplitude-phase modulation type.
  18. The optical devices of claims 1 to 17 wherein the spatial light modulator is a liquid crystal spatial light modulator.
  19. The optical device of claim 18 wherein the liquid crystal spatial light modulator comprises two phase modulation-type liquid crystal spatial light modulators disposed forward and back such that their respective corresponding pixels correctly face each other.
  20. The optical device of claim 18 provided with two light paths whose polarization directions are perpendicular to each other and liquid

crystal spatial light modulators disposed in each of the light paths..

21. The optical devices of claims 1 to 20 wherein the liquid crystal spatial light modulator uses an active matrix drive system.
22. The optical devices of claims 1 to 21 provided with a means that measures the surface shape of where the pattern is to be scribed.
23. An optical processing system comprising the optical devices of claims 1 to 22 and a robot for mounting the optical devices.

#### Amended claims

1. An optical device for reproducing patterns in space and comprising at least a coherent light source, at least one spatial light modulation means for controlling the wavefront of the light from said coherent light source and a means that records complex amplitude data on said spatial light modulation means, wherein the means that records complex amplitude data on said spatial light modulation means is equipped with at least a means that inputs the desired reproduction pattern data, a means that generates random number data and a means that executes Fourier transformation.
2. The optical device of claim 1 wherein the means that records complex amplitude data on said spatial light modulation means is equipped with a means that stores the complex amplitude data and a means that stores the number of dots in those parts of the desired reproduction pattern data where the data are not zero.
3. The optical device of claim 1 wherein the means that records complex amplitude data on the spatial light modulation means has a stage that combines the desired reproduction data and random number data and a means that seeks the complex amplitude data by Fourier transformation of the resulting data.
4. The optical device of claim 1 wherein the means that records complex amplitude data on said spatial light modulation means has a stage that combines the prescribed reproduction pattern data and random number data,
  - 1) stage that performs Fourier transformation of the resulting data,
  - 2) stage that performs Fourier transformation one more time on the data obtained in said 1),

- 3) stage that calculates the error between the data obtained in said 2) and said pre-scribed reproduction pattern data, and stage that seeks complex amplitude data by repeating the process from said 1) to 3) until the error becomes smaller than a previously set value or for a previously set number of times.
5. The optical device of claim 3, 4 or 7 wherein the means that records complex amplitude data on said spatial light modulation means has a means that seeks the inverse tangent and a means that quantizes the data obtained by the means that seeks said inverse tangent.
6. The optical device of claim 1 equipped with a first optical system for guiding the light from said coherent light source to said spatial light modulation means and a second optical system for guiding the light from said spatial light modulation means to where the desired pattern is reproduced.
7. The optical device of claim 1 wherein the means that records complex amplitude data on said spatial light modulation means has a means that generates lens phase data, and the means that records complex amplitude data on said spatial light modulation means has a stage that combines the desired reproduction pattern data and random number data, a stage that performs Fourier transformation of the resulting data and a stage that seeks complex amplitude data by combining said lens phase data with complex amplitude data obtained by Fourier transformation.
8. The optical device of claim 3, 4 or 7 wherein said random number data are not correlated between different frame units of said spatial light modulation means.
9. The optical device of claim 8 wherein said random number data is 1 or -1.
10. The optical device of claim 1 wherein the means that records complex amplitude data on said spatial light modulation means has a means that adjusts the output of the coherent light source according to the number of dots in areas where the desired reproduction pattern data are not zero.
11. The optical device of claim 1 wherein the means that records complex amplitude data on the spatial light modulation means has a means that stores the complex conjugate phase data of wavefront aberrations for correcting wavefront aberrations of the light from said coherent light source and also has a stage that combines said phase data with complex amplitude data for recording on said spatial light modulation means.
12. The optical device of claim 1 wherein a phase mask that generates complex conjugate wavefront of wavefront aberrations is provided between said coherent light source and said spatial light modulation means in order to correct wavefront aberrations of the light from said coherent light source.
13. The optical device of claim 12 wherein the second optical system for guiding the light from said spatial light modulation means to where the prescribed pattern is reproduced is provided with a light guide member and said light guide member has the action of guiding light by means of total reflection at the interface between a transparent member and air.
14. The optical device of claim 12 wherein the second optical system for guiding the light from said spatial light modulation means to where the prescribed pattern is reproduced is provided with a Fourier transform lens.
15. The optical device of claim 12 wherein the second optical system for guiding the light from said spatial light modulation means to where the prescribed pattern is reproduced is provided with a dual diffraction optical system comprising a Fourier transform lens and an auxiliary lens and a spatial filter is provided between said Fourier transform lens and said auxiliary lens.
16. The optical device of claim 15 equipped with a moving means for said auxiliary lens.
17. The optical device of claim 1 wherein said spatial light modulation means is a liquid crystal spatial light modulation means.
18. The optical device of claim 17 wherein said liquid crystal spatial light modulation means is a phase modulation type.
19. The optical device of claim 18 wherein said liquid crystal spatial light modulation means comprises two phase modulation-type liquid crystal spatial light modulation means, said phase modulation type liquid crystal spatial light modulation means are disposed forward and back such that their corresponding pixels

- correctly oppose each other and the phase modulation orientations are perpendicular to each other.
20. The optical device of claim 17 wherein said liquid crystal spatial light modulation means is a complex amplitude modulation type. 5
21. The optical device of claim 20 wherein said complex amplitude modulation type liquid crystal spatial light modulation means comprises a twisted nematic (TN) mode amplitude modulation type liquid crystal spatial light modulation means and an electrically controlled birefringence (ECB) mode phase modulation type liquid crystal spatial light modulation means, and said liquid crystal spatial light modulation means are disposed forward and back such that their corresponding pixels correctly oppose each other. 10 15 20
22. The optical device of claim 17 wherein said liquid crystal spatial light modulation means is driven by an active matrix method and the pixel pitch is the same in both the horizontal and vertical directions. 25
23. The optical device of claim 17 wherein said liquid crystal spatial light modulation means is an optically addressed means. 30
24. The optical device of claim 1 wherein two light paths are provided for the two respective light components whose directions of polarization are perpendicular to each other and two spatial light modulation means whose modulation orientations are perpendicular to each other are disposed in the respective light paths. 35 40
25. The optical device of claim 1 equipped with a means for measuring the surface shape of where the prescribed pattern is to be reproduced. 45
26. An optical processing system equipped with the optical device of claim 1 and a robot for mounting said optical device. 50
27. Optical device wherein in the optical device of claim 1 for generating patterns in space, said spatial light modulation means is a phase modulation type liquid crystal spatial light modulation means and the means that records complex amplitude data on said phase modulation type liquid crystal spatial light modulation means has at least a means for inputting the prescribed reproduction pattern data, a means for generating random number data and 55
- a means for executing Fourier transformation, and said optical device has a stage that combines the prescribed reproduction pattern data and random number data and a stage that seeks complex amplitude data by Fourier transformation of the resulting data.
28. The optical device of claim 27 wherein the means that records complex amplitude data on said phase modulation type liquid crystal spatial light modulation means has a means for recording complex amplitude data and a means that stores the number of dots in those parts of the desired reproduction pattern data where the data are not zero.
29. The optical device of claim 28 equipped with Fourier transform lens that acts on the wavefront of the light emitted from said phase modulation type liquid crystal spatial light modulation means.
30. The optical device of claim 28 wherein said random number data are not correlated between different frame units of said phase modulation type liquid crystal spatial light modulation means.
31. The optical device of claim 30 wherein said random number data is 1 or -1.
32. The optical device of claim 28 wherein the means that records complex amplitude data on said phase modulation type liquid crystal spatial light modulation means has a means that adjusts the output of the coherent light source according to the number of dots in areas where the intensity of the desired reproduction pattern data are not zero.
33. The optical device of claim 28 wherein said phase modulation type liquid crystal spatial light modulation means is driven by an active matrix method and the pixel pitch is the same in both the horizontal and vertical directions.
34. The optical device of claim 28 wherein said phase modulation type liquid crystal spatial light modulation means is an optically addressed means.
35. The optical device of claim 1 wherein the means that records complex amplitude data on said spatial light modulation means has a means that counts the number of dots in areas where the desired reproduction pattern data are not zero.

36. The optical device of claim 28 or 27 wherein the means that records complex amplitude data on said spatial light modulation means has a means that counts the number of dots in areas where the desired reproduction pattern data are not zero.

37. The optical device of claim 27 or 28 wherein the means that records complex amplitude data on said spatial light modulation means has a means that seeks the inverse tangent and a means that quantizes the data obtained by the means that seeks said inverse tangent.

#### Brief statement of amendment under article 19(1)

Amendment of the claims are done in order to clarify the differences between the present invention and the cited references and in order to clarify the features of the present invention by using more suitable form and composition based on the embodiments. The details are shown as below.

1. This claim is represented by combining claim 1, 4, 6 and 8 as filed in order to clarify one of the features of the present invention, which shows a composition of control means for liquid crystal panel.

Claims of the cited references JP,A,2-20823 disclose basic structure of spatial light modulating mean which is similar to the present invention.

The present invention adopts a means that generates random number data to the composition of control means for liquid crystal panel and then obtained reproduction pattern's quality is improved.

2. This claim is represented by combining claim 1, 4, 5, 6 and 8 as filed and clarify one of the features of the present invention, which shows a composition of control means for liquid crystal panel.

3. This claim replaces claim 4 as filed in order to clarify one of the features of the present invention, which shows a composition of control means for liquid crystal panel.

Claims of the cited references JP,A,2-20823 disclose basic structure of spatial light modulating mean which is similar to the present invention.

The present invention adopts a means that generates random number data to the composition of control means for liquid crystal panel and then obtained reproduction pattern's quality is improved.

4. This claim is represented by combining claim 1, 4, and 6 as filed in order to clarify one of the features of the present invention, which shows a

composition of control means for liquid crystal panel.

Claims of the cited references JP,A,2-20823 disclose basic structure of spatial light modulating mean which is similar to the present invention.

The present invention adopts a means that generates random number data to the composition of control means for liquid crystal panel and then obtained reproduction pattern's quality is improved.

5. This claim replaces claim 7 as filed and this claim uses more suitable expression in order to clarify the features of the present invention.

6. This claim replaces claim 3 as filed and this claim uses more suitable expression in order to clarify the features of the present invention.

7. This claim replaces claim 9 as filed and this claim uses more suitable expression in order to clarify the features of the present invention.

Claims of the cited references JP,A,2-20823 disclose basic structure of spatial light modulating mean which is similar to the present invention.

The present invention adopts a means that generates random number data to the composition of control means for liquid crystal panel and then obtained reproduction pattern's quality is improved.

8. This claim replaces claim 8 as filed and this claim uses more suitable expression in order to clarify the features of the present invention.

9. This claim is new and this claim is added contents related to claim 8 as filed.

10. This claim replaces claim 10 as filed and this claim uses more suitable expression in order to clarify the features of the present invention.

11. This claim clarifies the expression of claim 11 as filed based on the embodiments.

12. This claim clarifies the expression of claim 11 as filed based on the embodiments.

13. This claim replaces claim 12 as filed and uses more suitable expression in order to clarify the present invention.

14. This claim replaces claim 13 as filed and uses more suitable expression in order to clarify the present invention.

15. This claim replaces claim 14 as filed and uses more suitable expression in order to clarify the present invention.

16. This claim replaces claim 15 as filed and uses more suitable expression in order to clarify the present invention.

17. This claim replaces claim 18 as filed and uses more suitable expression in order to clarify the present invention.



18. This claim replaces claim 16 as filed and uses more suitable expression in order to clarify the present invention

19. This claim replaces claim 19 as filed and uses more suitable expression in order to clarify the present invention

20. This claim replaces claim 17 as filed and uses more suitable expression in order to clarify the present invention

21. This claim is represented by combining claim 17 and 18 as filed in order to clarify the present invention

22. This claim replaces claim 21 as filed and uses more suitable expression in order to clarify the present invention

Claims of the cited references JP,A,2-20823 disclose basic structure of spatial light modulating mean which is similar to the present invention.

In the present invention, the pixel pitch of liquid crystal panel in x-direction and y-direction is equal and then reproduced images that have faithful x-y ratio to the original images can be obtained.

23. This claim replaces claim 18 as filed and uses more suitable expression in order to clarify the present invention

24. This claim replaces claim 20 as filed and uses more suitable expression in order to clarify the present invention

25. This claim replaces claim 22 as filed and uses more suitable expression in order to clarify the present invention

26. This claim replaces claim 23 as filed and uses more suitable expression in order to clarify the present invention

27-26. These claims are new claims and these claims show combination patterns of the best modes of the present invention.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

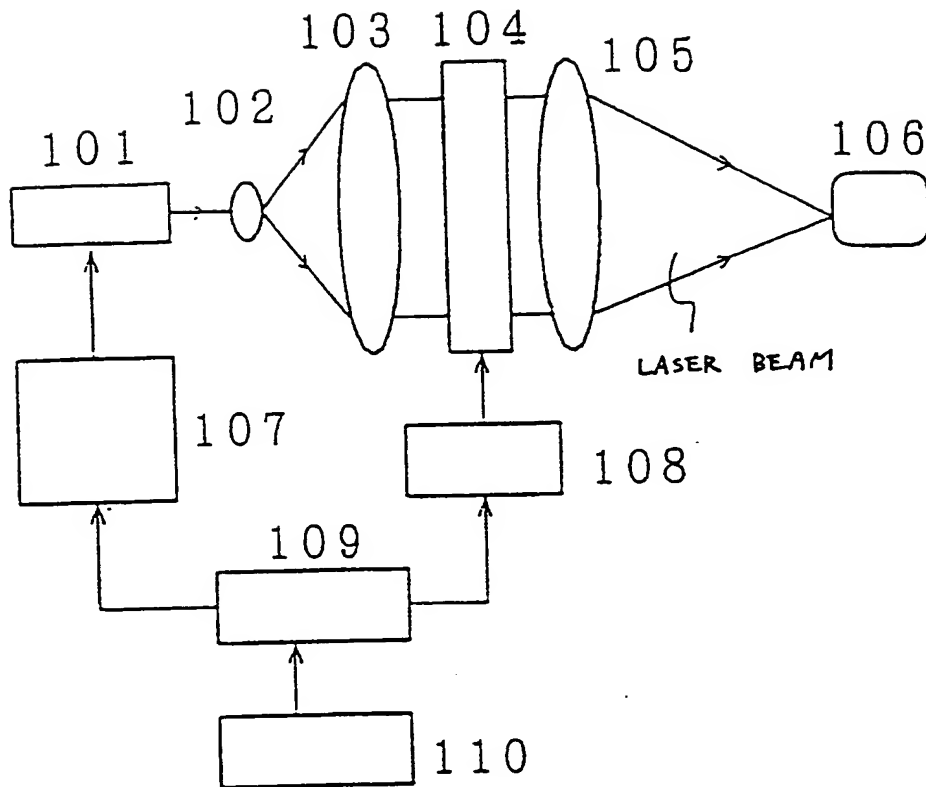


Fig. 1

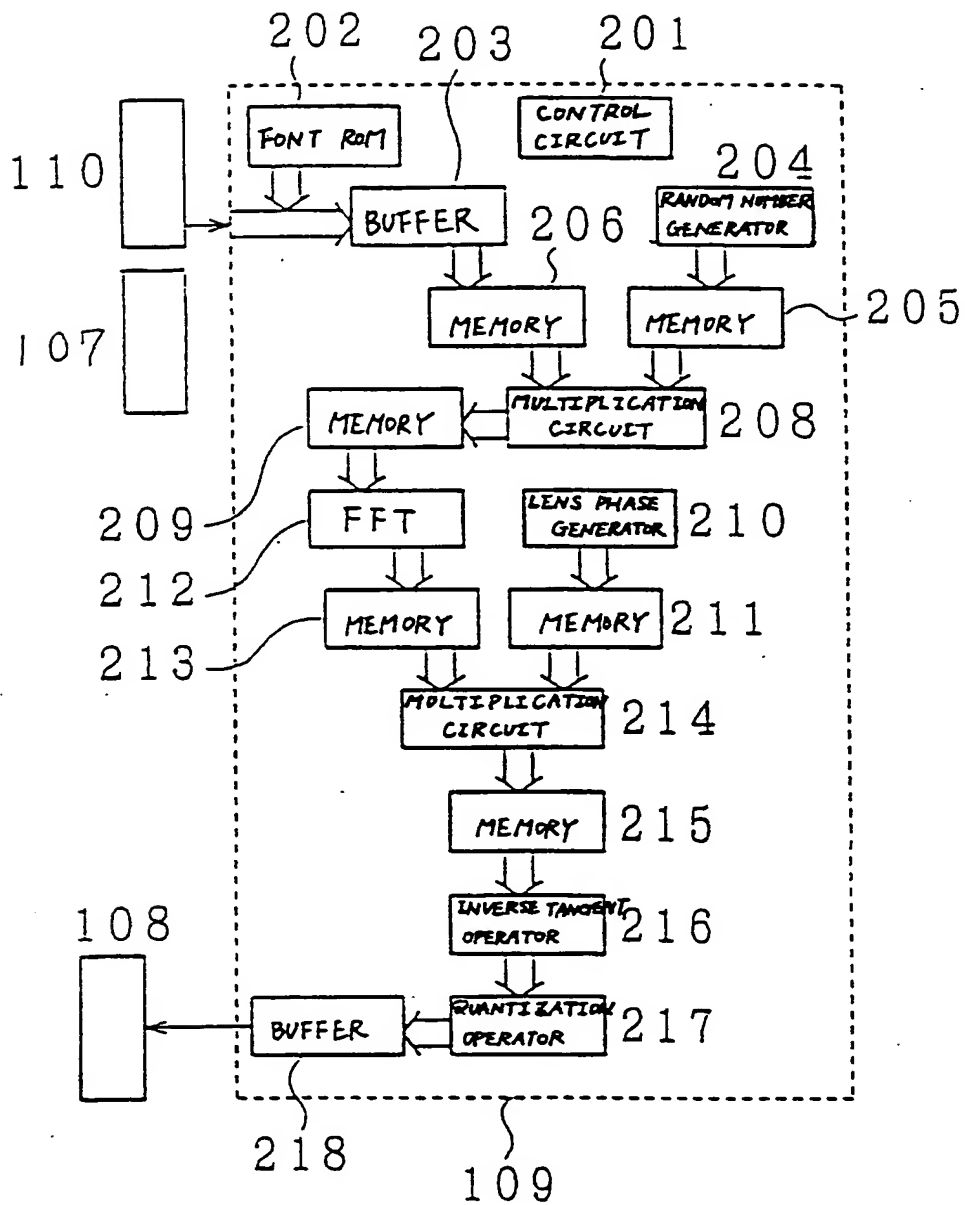


Fig. 2

EPSON ~ SCRIBED CHARACTERS

(a)

EPSON ~ SCRIBED CHARACTERS

(b)

Fig. 3

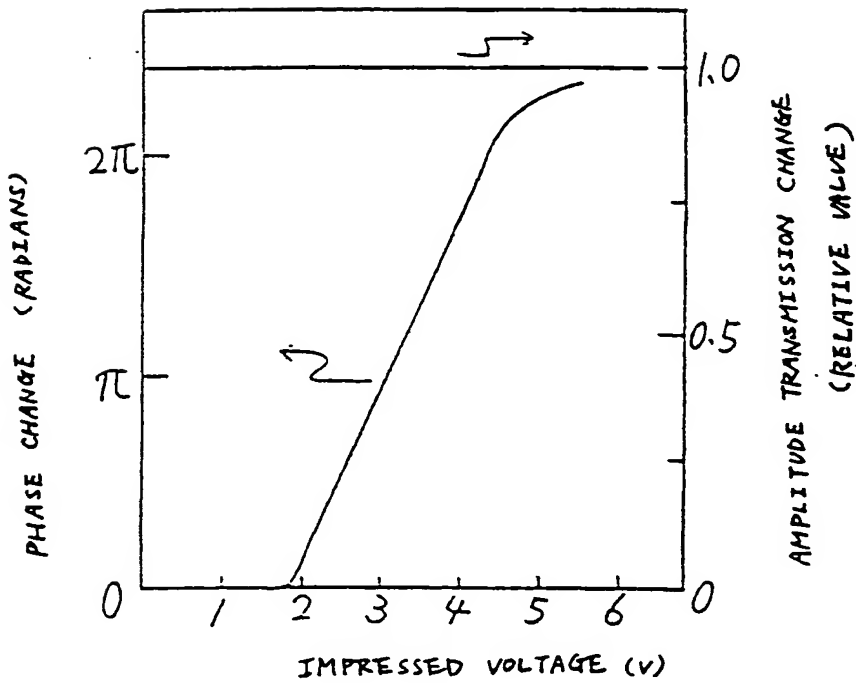


Fig. 4

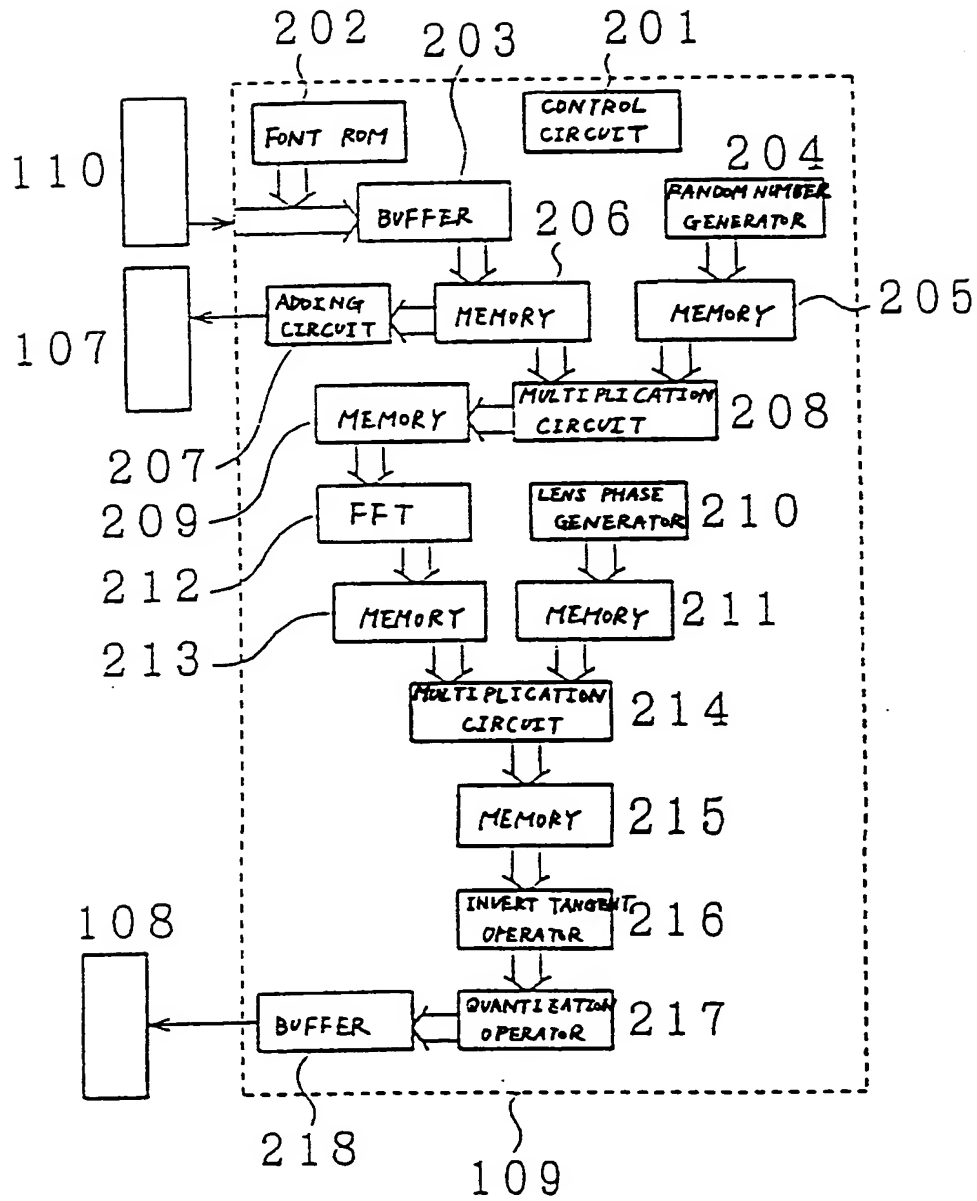


Fig. 5

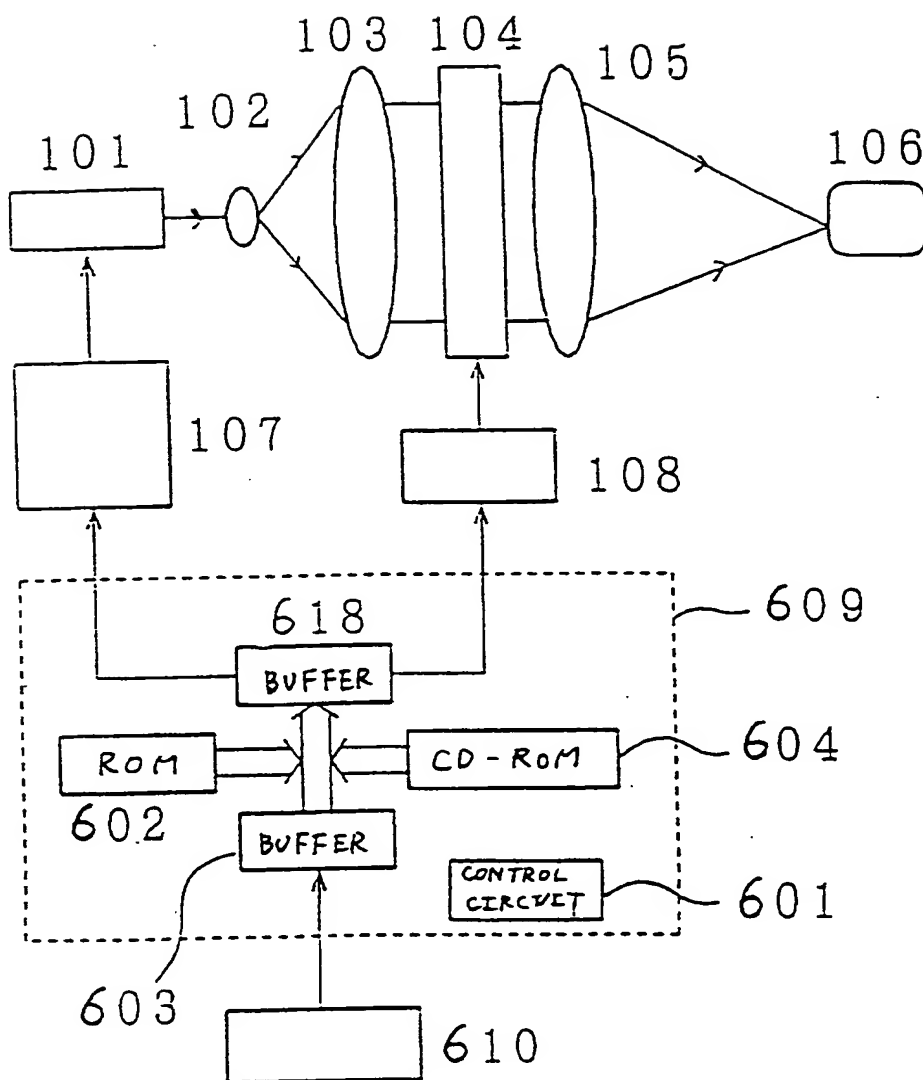


Fig. 6

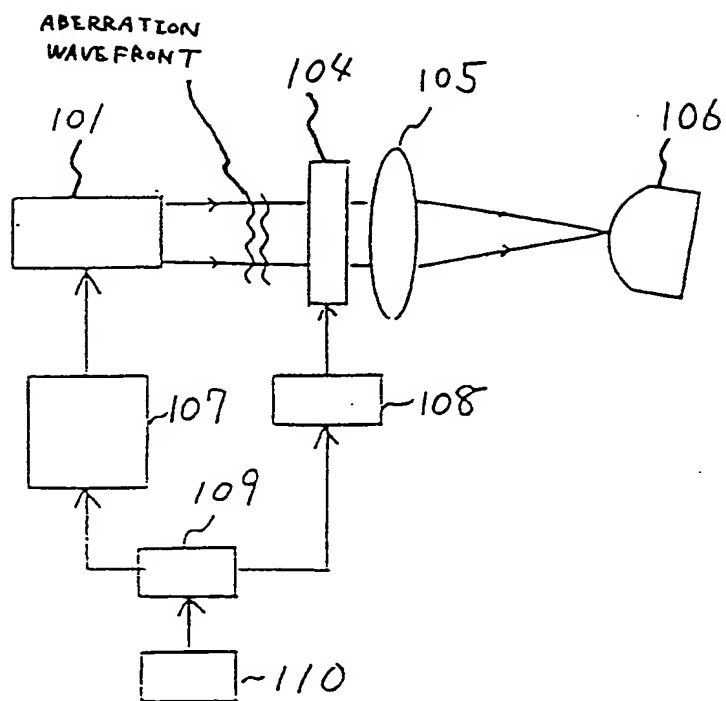


Fig. 7

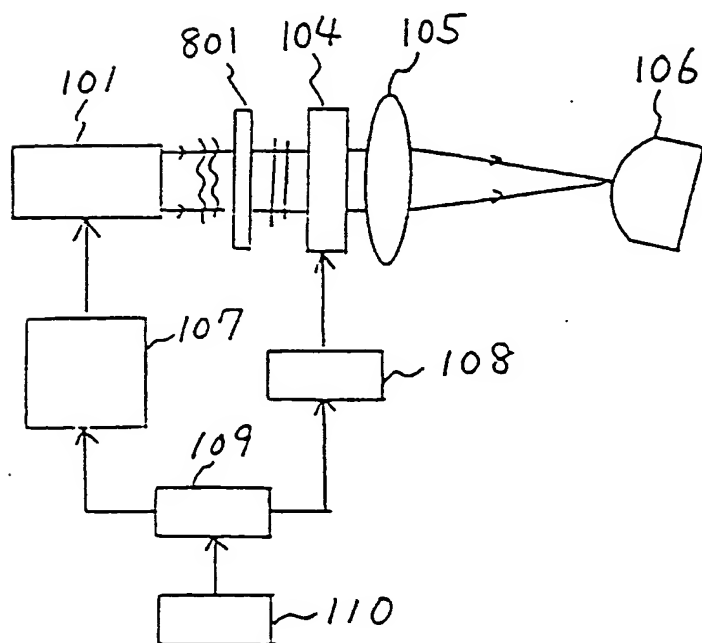


Fig. 8

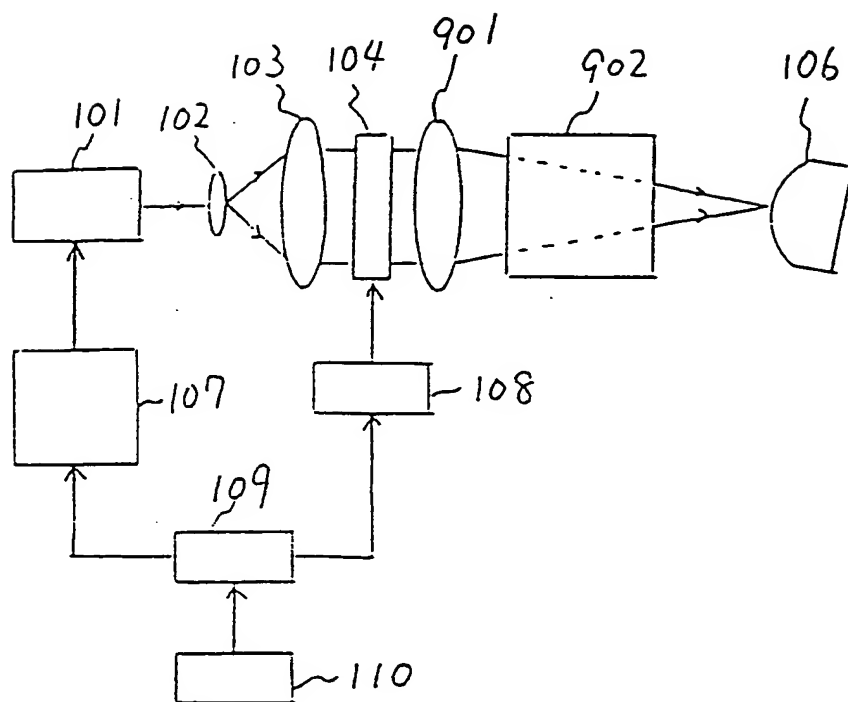


Fig. 9

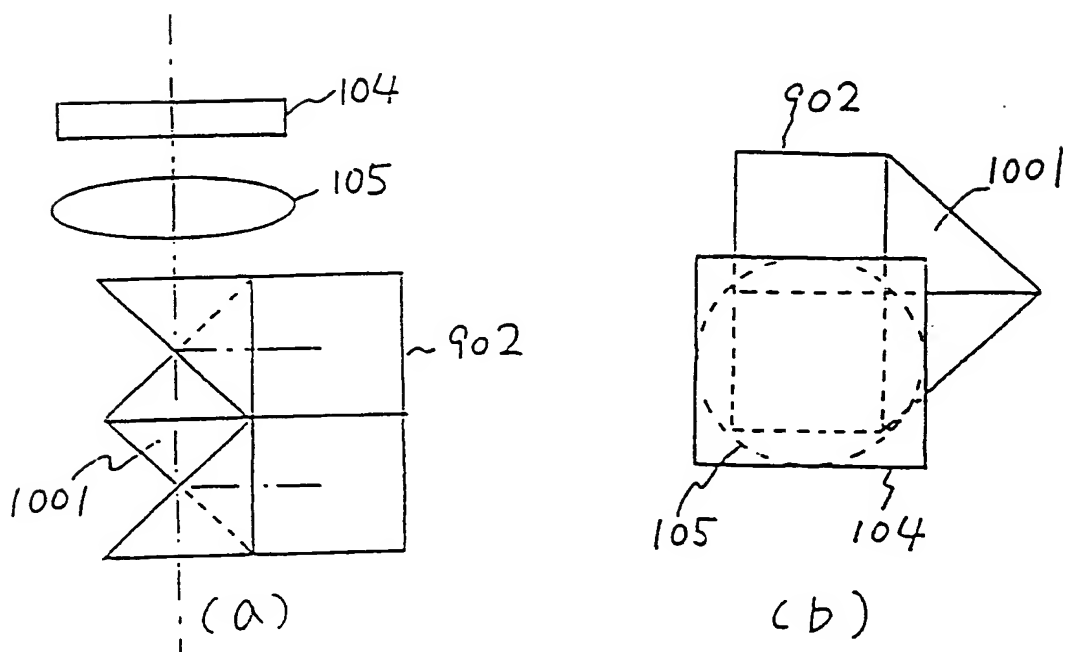


Fig. 10



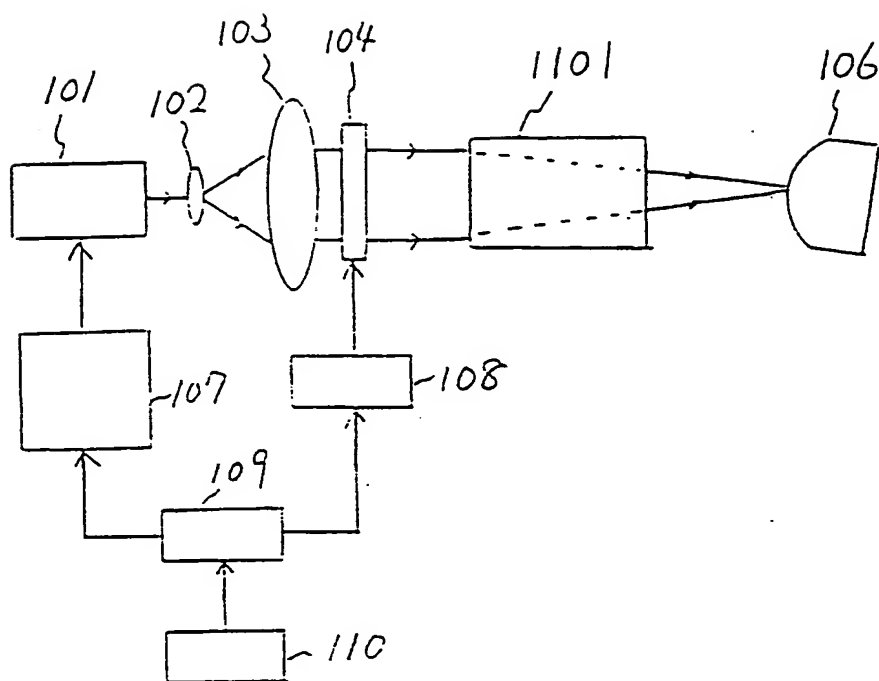


Fig. 11

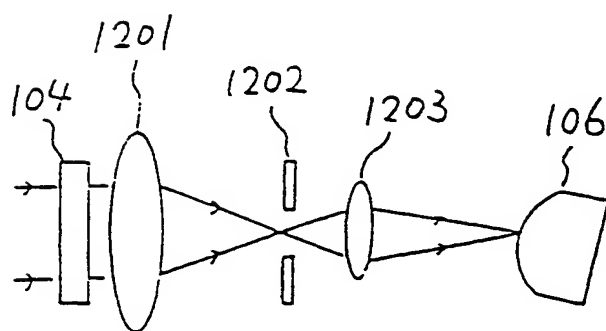


Fig. 12

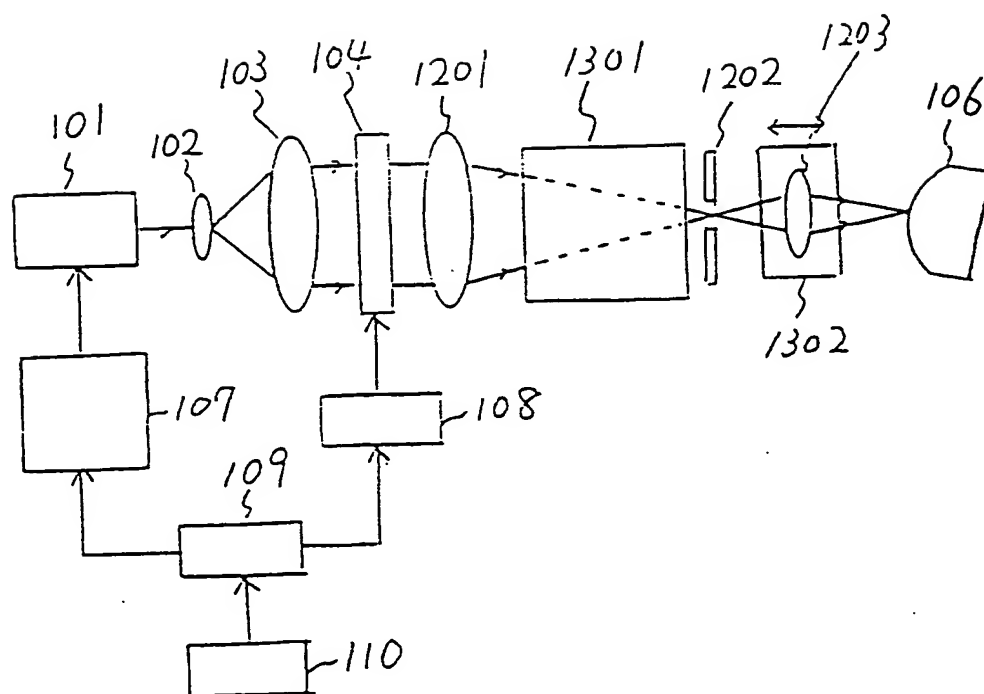


Fig. 13

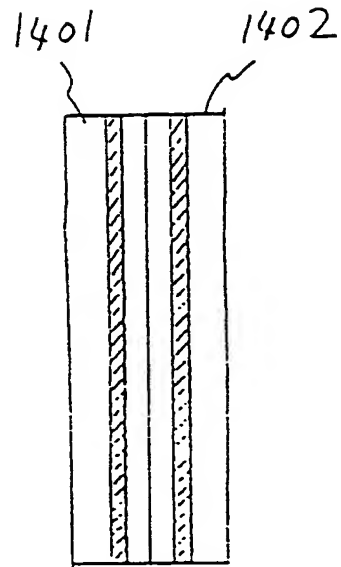


Fig. 14

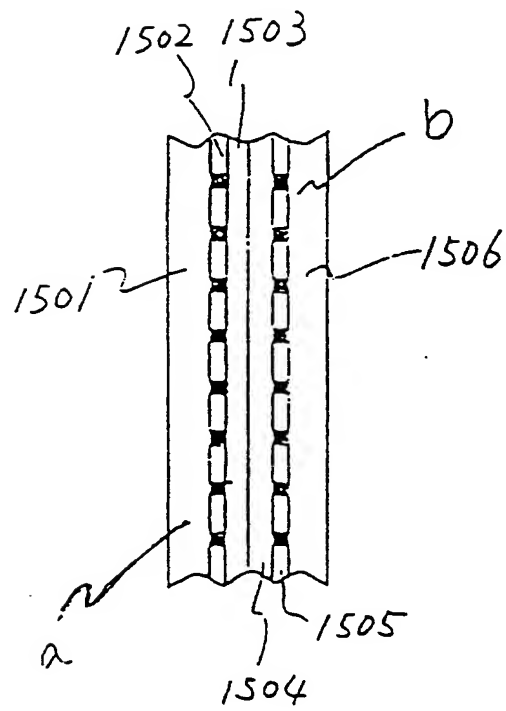


Fig. 15

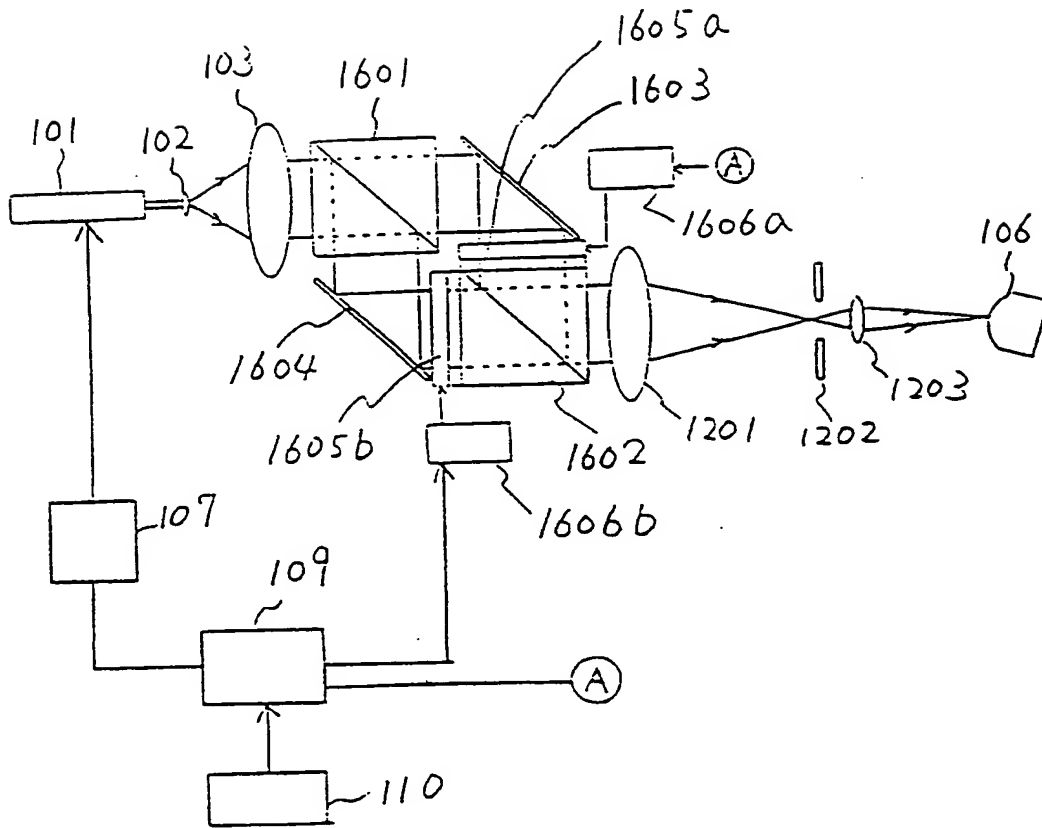


Fig. 16.

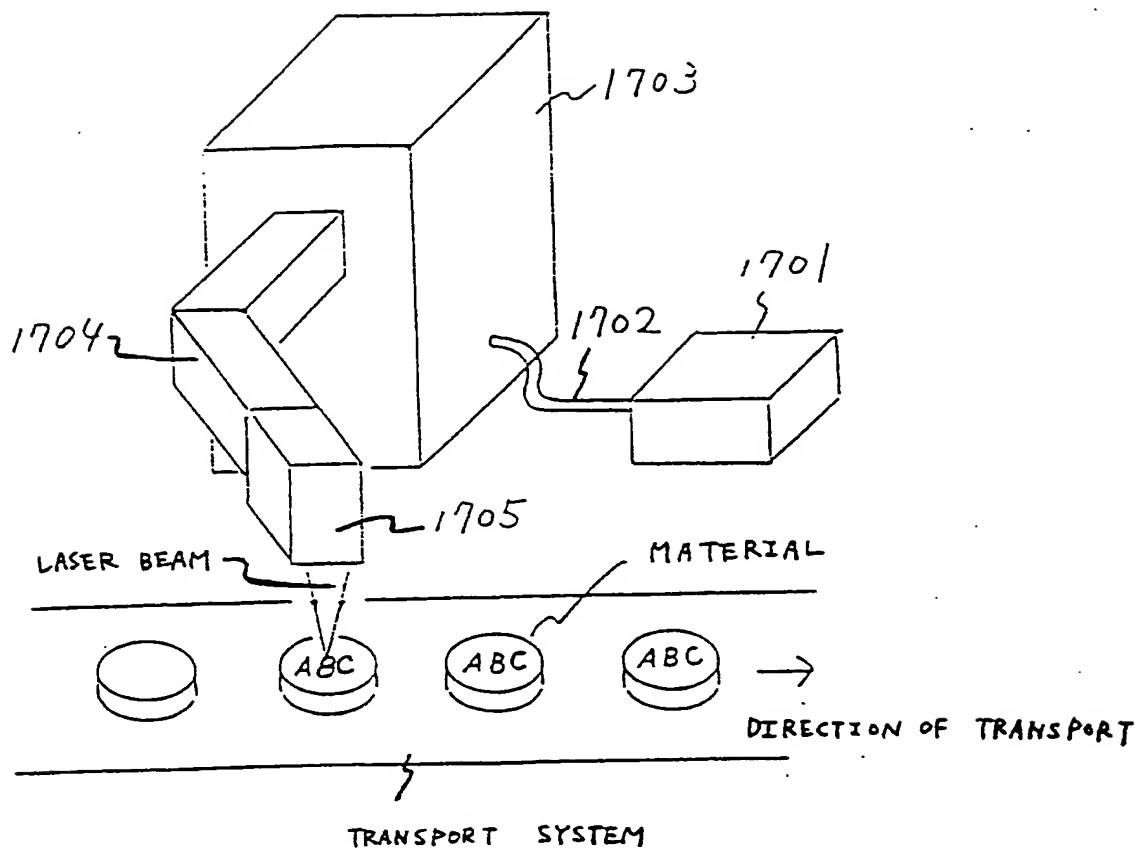


Fig. 17

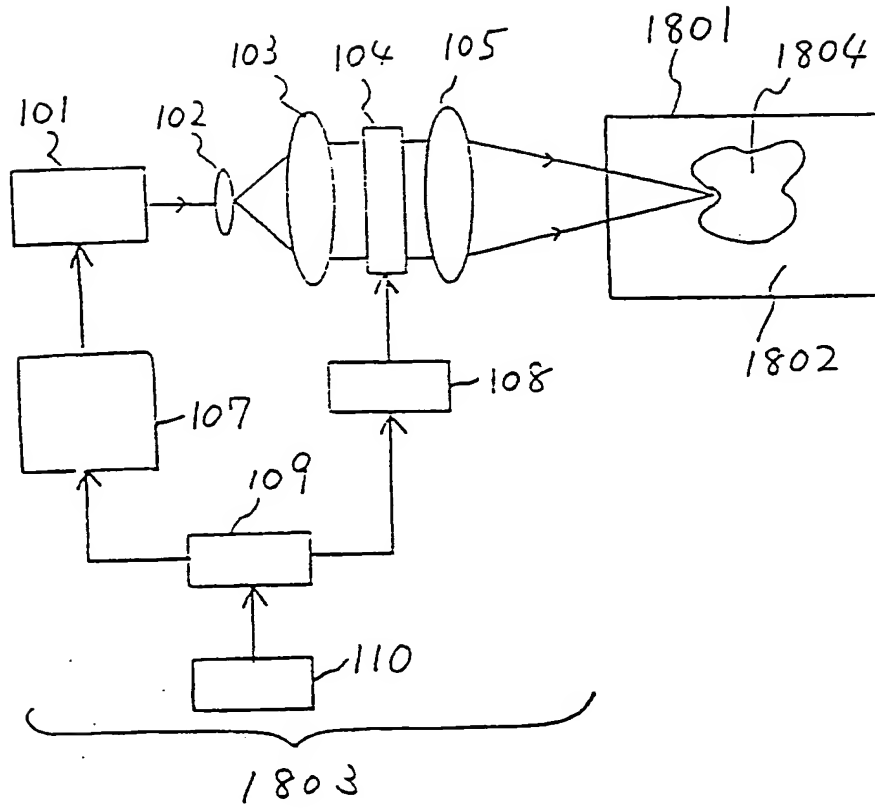
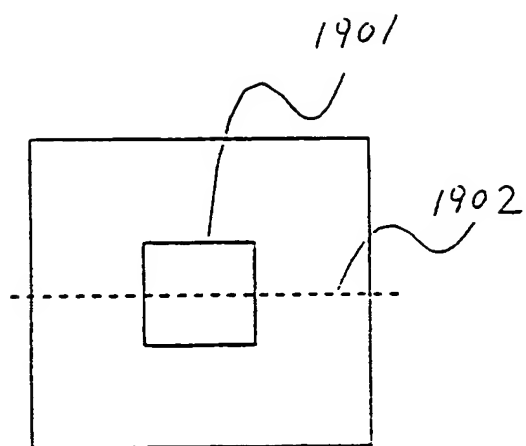
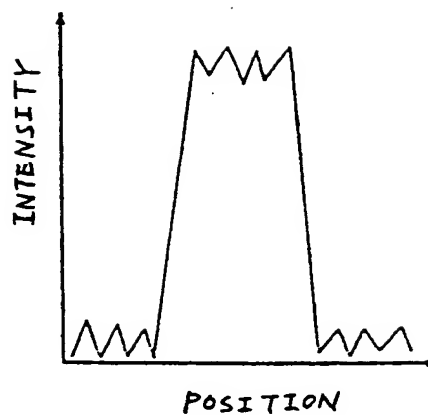


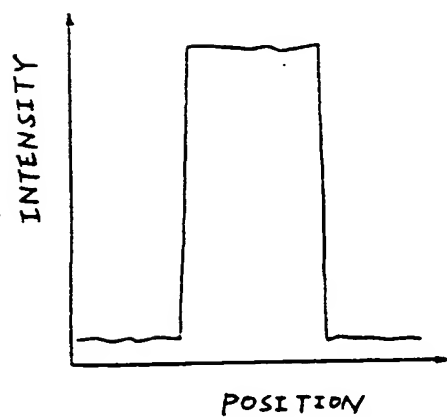
Fig. 18



(a)



(b)



(c)

Fig. 19

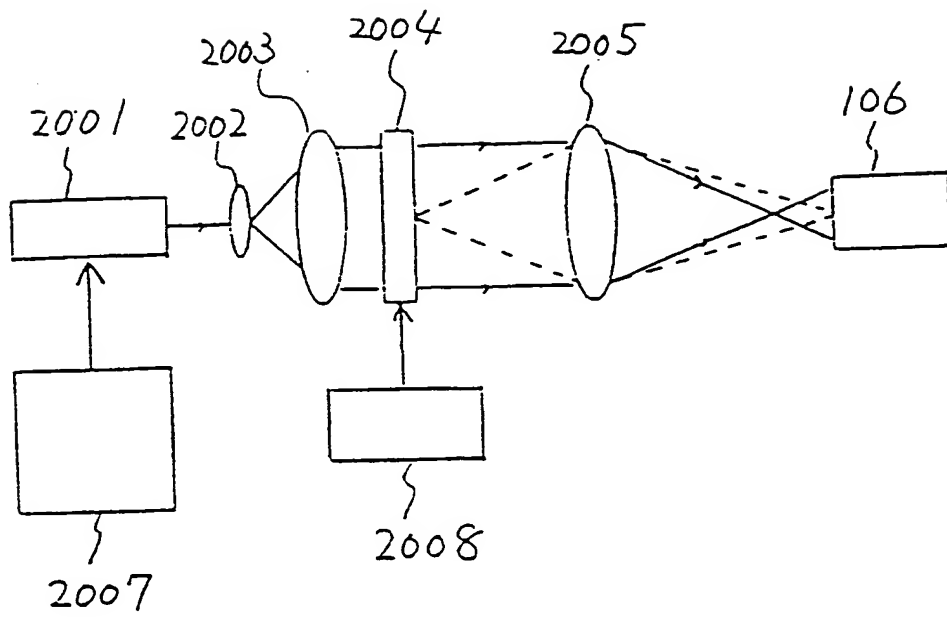


Fig. 20



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/JP92/00644

<b>I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> (If several classification symbols apply, indicate all) <sup>6</sup>		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC		
Int. Cl <sup>5</sup> G02F1/13, G03H1/08, G02B27/46		
<b>II. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum Documentation Searched <sup>7</sup>		
Classification System	Classification Symbols	
IPC	G02F1/13, G03H1/08, G02B27/46	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the extent that such Documents are included in the Fields Searched <sup>8</sup>		
<b>III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b> <sup>9</sup>		
Category <sup>10</sup>	Citation of Document, <sup>11</sup> with indication, where appropriate, of the relevant passages <sup>12</sup>	Relevant to Claim No. <sup>13</sup>
Y	JP, A, 2-20823 (Kogyo Gijutsuin-cho), January 24, 1990 (24. 01. 90), (Family: none)	1-23
Y	JP, A, 62-75072 (NEC Corp.), March 24, 1987 (24. 03. 87), & EP, A2, 227063 & AU, A1, 6651786 & US, A, 4788755	1-23
A	JP, A, 60-11872 (Fujitsu Ltd.), January 22, 1985 (22. 01. 85), (Family: none)	1-23
A	JP, A, 59-50480 (Omron Corp.), March 23, 1984 (23. 03. 84), (Family: none)	1-23
<p><sup>10</sup> Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>		
<b>IV. CERTIFICATION</b>		
Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report	
June 4, 1992 (04. 06. 92)	June 30, 1992 (30. 06. 92)	
International Searching Authority	Signature of Authorized Officer	
Japanese Patent Office		

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-049002

(43)Date of publication of application : 15.02.2002

(51)Int.Cl.

G02B 27/09  
 B23K 26/06  
 G02F 1/135  
 H01S 5/00  
 H01S 5/06  
 H01S 5/40

(21)Application number : 2000-235884

(71)Applicant : HAMAMATSU PHOTONICS KK

(22)Date of filing : 03.08.2000

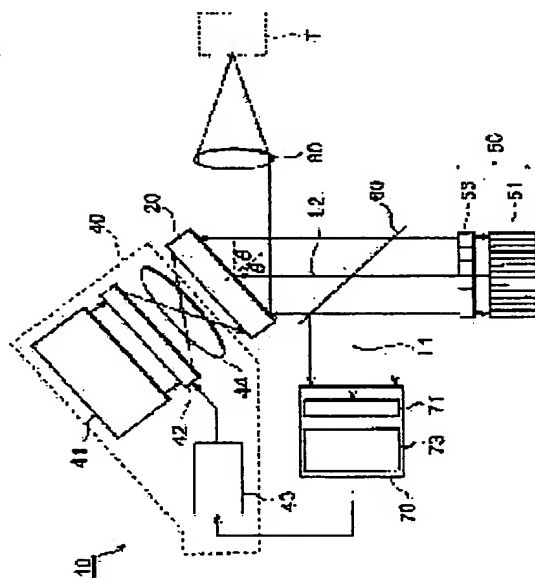
(72)Inventor : MATSUMOTO SATOSHI

## (54) LASER BEAM MACHINE

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a laser beam machine which is capable of easily realizing higher output of a laser beam to be cast to a target and has high machining accuracy.

**SOLUTION:** This laser beam machine 10 has a wave front compensating means 20 for compensating the wave fronts of the incident laser beams, an optical system 80 for irradiating the target T subjected to the wave front compensation by the wave front compensating means 20, a light projecting means 50 having plural laser beam sources 51 arranged like an array and making the plural laser beams emitted from the plural laser beam sources 51 on the wave front compensating means 20 so as not to overlap on each other, and a control means 40 for controlling the wave front compensating means 20 so as to form the desired machining patterns by respectively independently compensating the wave fronts of the plural laser beams incident on the wave front compensating means 20.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

BEST AVAILABLE COPY

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-49002

(P2002-49002A)

(43) 公開日 平成14年2月15日 (2002.2.15)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テマコード\* (参考)

G 0 2 B 27/09

B 2 3 K 26/06

E 2 H 0 9 2

B 2 3 K 26/06

G 0 2 F 1/135

4 E 0 6 8

G 0 2 F 1/135

H 0 1 S 5/00

5 F 0 7 3

H 0 1 S 5/00

5/06

5/06

5/40

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 9 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2000-235884(P2000-235884)

(22) 出願日

平成12年8月3日(2000.8.3)

(71) 出願人 000236436

浜松ホトニクス株式会社

静岡県浜松市市野町1126番地の1

(72) 発明者 松本 聡

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

(74) 代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

Fターム(参考) 2H092 HA04 KA05 LA08 LA12 NA27

NA29 PA08

4E068 AB00 CD05

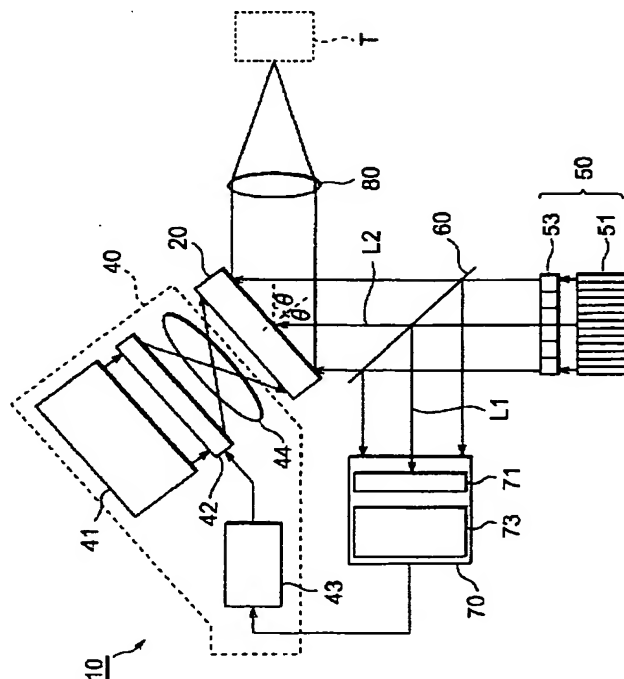
5F073 AB05 AB21 AB25 AB27 BA09

(54) 【発明の名称】 レーザ加工装置

(57) 【要約】

【課題】 ターゲットに照射されるレーザ光の高出力化を容易に実現することが可能であると共に、高い加工精度を有するレーザ加工装置を提供する。

【解決手段】 本発明のレーザ加工装置10は、入射する光の波面を補償するための波面補償手段20と、波面補償手段20により波面補償された光をターゲットTに照射させるための光学系80と、アレイ状に配列された複数のレーザ光源51を有し、該複数のレーザ光源51から出射される複数のレーザ光を互いに重なり合わないように入射させるための投光手段50と、波面補償手段20に入射する複数のレーザ光の波面をそれぞれ独立に補償して所望の加工パターンを生成するように該波面補償手段20を制御するための制御手段40と、を備える。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 入射する光の波面を補償するための波面補償手段と、

前記波面補償手段により波面補償された光をターゲットに照射させるための光学系と、

アレイ状に配列された複数のレーザ光源を有し、該複数のレーザ光源から出射される複数のレーザ光を互いに重なり合わないように入射させるための投光手段と、

前記波面補償手段に入射する前記複数のレーザ光の波面をそれぞれ独立に補償して所望の加工パターンを生成するように該波面補償手段を制御するための制御手段と、を備えるレーザ加工装置。

【請求項2】 前記投光手段の前記複数のレーザ光源から出射される前記複数のレーザ光の波面を計測するための波面計測手段を更に備え、

前記波面計測手段により計測された前記複数のレーザ光の波面に基いて、前記制御手段を介して前記波面補償手段を制御する請求項1に記載のレーザ加工装置。

【請求項3】 前記投光手段から出射されて前記波面計測手段に至るレーザ光の光路長が、前記投光手段から出射されて前記波面補償手段に至るまでのレーザ光の光路長と等しくなるように、該投光手段に対して該波面計測手段と該波面補償手段とが配置されている請求項2に記載のレーザ加工装置。

【請求項4】 前記波面補償手段は空間光変調器を含み、

前記制御手段は前記空間光変調器に所望の位相変調パターンを書き込むためのパターン書き込み装置を含む請求項1～3のいずれかに記載のレーザ加工装置。

【請求項5】 前記パターン書き込み装置は、前記空間光変調器に書き込まれる複数の位相変調パターンのデータを記憶するための記憶手段を備える請求項4に記載のレーザ加工装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、レーザ光をターゲットに照射して所望のパターンに加工するためのレーザ加工装置に関する。

**【0002】**

【従来の技術】この種のレーザ加工装置として、例えば特開平6-208088号公報に開示された光刻印装置がある。この光刻印装置は、レーザ光源、空間光変調器および空間光変調器を制御するための制御手段を備えている。そしてこの光刻印装置では、制御手段により空間光変調器に位相変調パターンを表示し、レーザ光源から該空間光変調器にレーザ光を投射してレーザ光を位相変調し、変調光をフーリエレンズでフーリエ変換して試料の表面に所定の光学画像を結像再生して所望のパターンを刻印している。

**【0003】**

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記した従来のレーザ加工装置は単一のレーザ光源を用いているため、ターゲットに照射されるレーザ光の出力には限界があった。

【0004】一方、レーザ加工装置にはターゲットの所望部位以外が加工されないように高い加工精度が要求される。

【0005】そこで本発明は、ターゲットに照射されるレーザ光の高出力化を容易に実現することが可能であると共に、高い加工精度を有するレーザ加工装置を提供することを目的とする。

**【0006】**

【課題を解決するための手段】発明者は、上記目的を達成するため鋭意研究した結果、ターゲットに照射されるレーザ光の高出力化を容易に実現するためには、複数のレーザ光源を用いることが有効であるとの結論に達した。そして、複数のレーザ光源を用いる場合に加工精度を低下させないためには、複数のレーザ光源から出射される複数のレーザ光を互いに重なり合わないよう波面補償手段に入射させ、それぞれ独立に波面補償を施す必要があることを見出し、本発明を完成するに至った。

【0007】すなわち、本発明のレーザ加工装置は、入射する光の波面を補償するための波面補償手段と、波面補償手段により波面補償された光をターゲットに照射させるための光学系と、アレイ状に配列された複数のレーザ光源を有し、該複数のレーザ光源から出射される複数のレーザ光を互いに重なり合わないよう波面補償手段に入射させるための投光手段と、波面補償手段に入射する複数のレーザ光の波面をそれぞれ独立に補償して所望の加工パターンを生成するように該波面補償手段を制御するための制御手段と、を備える。

【0008】このレーザ加工装置では、アレイ状に配列された複数のレーザ光源から出射される複数のレーザ光は、互いに重なり合わないよう波面補償手段に入射される。そして、制御手段によって所望の加工パターンを生成するように制御された波面補償手段により、複数のレーザ光の波面がそれぞれ独立に補償される。そして、波面補償手段により波面補償された複数のレーザ光が、光学系を介してターゲットに照射される。このレーザ加工装置は、投光手段としてアレイ状に配列された複数のレーザ光源を有しているため、高出力化を容易に実現することが可能である。しかも、複数のレーザ光を互いに重なり合わないよう波面補償手段に入射させて独立に補償することができるため、波面補償の精度が高く、結果として加工精度が高くなる。

【0009】また本発明のレーザ加工装置は、投光手段の複数のレーザ光源から出射される複数のレーザ光の波面を計測するための波面計測手段を更に備え、波面計測手段により計測された複数のレーザ光の波面に基いて

て、制御手段を介して波面補償手段を制御することの特徴としてもよい。

【0010】このレーザ加工装置では、波面計測手段により投光手段の複数のレーザ光源から出射される複数のレーザ光の波面の状態が計測される。そして、波面計測手段により計測された複数のレーザ光の波面の状態に基づいて、制御手段を介して波面補償手段が制御される。その結果、複数のレーザ光の波面を精度良く補償することが可能となる。

【0011】また本発明のレーザ加工装置では、投光手段から出射されて波面計測手段に至るレーザ光の光路長が、投光手段から出射されて波面補償手段に至るまでのレーザ光の光路長と等しくなるように、投光手段に対して波面計測手段と波面補償手段とが配置されていることを特徴としてもよい。

【0012】このレーザ加工装置では、投光手段から出射されて波面補償手段に至るまでのレーザ光の光路長と同じ距離だけ離れた位置で波面計測手段によってレーザ光の波面の状態を計測することが可能となるため、当該波面の状態に基づいてレーザ光の波面をより精度良く補償することが可能となる。

【0013】また本発明のレーザ加工装置では、波面補償手段は空間光変調器を含み、制御手段は空間光変調器に所望の位相変調パターンを書き込むためのパターン書き込み装置を含むことを特徴としてもよい。

【0014】このレーザ加工装置では、パターン書き込み装置によって空間光変調器に位相変調パターンが書き込まれる。そして、この位相変調パターンによって複数のレーザ光源から出射される複数のレーザ光の波面がそれぞれ独立に補償される。

【0015】また本発明のレーザ加工装置では、パターン書き込み装置は、空間光変調器に書き込まれる複数の位相変調パターンのデータを記憶するための記憶手段を備えることを特徴としてもよい。

【0016】このレーザ加工装置では、パターン書き込み装置は、記憶手段に記憶されている位相変調パターンのデータを読み出すだけで、空間光変調器に所望の位相変調パターンを書き込むことが可能となる。すなわち、所望の光学画像から位相変調パターンを作成する手間が省けるため、空間光変調器に位相変調パターンをビデオレートで書き換えることが可能となる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照しながら本発明の実施形態について説明する。なお、同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0018】図1は、本発明のレーザ加工装置10の一実施形態の構成を模式的に示す平面図である。

【0019】図示のとおり、レーザ加工装置10は空間光変調器（SLM：波面補償手段）20と、パターン書き込み装置（制御手段）40と、投光手段50と、ハル

トマンセンサ（波面計測手段）70と、フーリエ変換レンズ（光学系）80とを備えている。

【0020】SLM20は、平行配向ネマチック液晶を光変調材料として用いた位相変調型の空間光変調器である。空間光変調器としては、反射型、透過型のいずれをも使用することができるが、本実施形態では特に反射型の空間光変調器について説明する。図2に示すように、SLM20は書き込み光の入射面に書き込み光の不要な反射を防止するARコート21を施したガラス基板22を備えている。そして、このガラス基板22の入射面と反対側の面には、ITO23を介して入射光の強度に応じて抵抗が変化するアモルファスシリコン（a-Si）からなる光導電層24と、誘電体多層膜製のミラー層25とが積層されている。

【0021】またSLM20は、読み出し光の入射面に同じくARコート26を施したガラス基板27を備えている。そして、このガラス基板27の入射面と反対側の面にはITO28が積層されており、前記したミラー層25とITO28の上に配向層29、30がそれぞれ設けられている。そして、これらの配向層29、30同士を対向させて枠状のスペーサ31を介して接続し、スペーサ31の枠内にネマチック液晶を充填して液晶層を設けて光変調層32を形成している。この配向層29、30により、光変調層32内のネマチック液晶は配向層29、30の表面に対して平行あるいは垂直に配向されている。そして両ITO23、28間には、所定の電圧を印加するための駆動装置33が接続されている。

【0022】図1に示すように、上記した構成を有するSLM20の書き込み光が入射する側に、パターン書き込み装置40が配置されている。

【0023】パターン書き込み装置40は、書き込み光を出射するための光源41と、書き込み光の画像を表示するための透過型液晶テレビ42と、透過型液晶テレビ42への画像表示を制御するための書き込み用電気信号発生器43と、書き込み光に含まれる画像信号をSLM20の光導電層24に結像させるための結像レンズ44とを備えている。

【0024】この書き込み用電気信号発生器43は、フーリエ変換した場合に試料（ターゲット）Tに対して実際に照射したい光学画像が再生されるようなホログラムパターン（位相変調パターン）を求めて液晶テレビ42に表示する。

【0025】一方、SLM20の読み出し光の入射する側には、この入射面の法面内で法線と角度 $\theta$ だけ傾けられた光軸上に投光手段50が配置されている。なお、法面とは直線偏光の光がミラーに入射して反射される際に入射光軸、反射光軸、ミラーの法線のいずれをも含む面を指す。

【0026】投光手段50は、読み出し光を出射するための複数のレーザダイオード（LD）からなるレーザダ

イオードアレイ（LDアレイ）51と、LDアレイ51から出射された読み出し光を平行光に調整するためのシリンドリカルレンズアレイ（CLアレイ）53とを備えている。このLDアレイ51は、2次元あるいは1次元のアレイ状に配列されたLDにより構成されており、光源のコンパクト化が図られている。なお、LDアレイ51を構成するLDの数は高出力化の観点からは多い方が好ましく、波面補償の複雑化の観点からは少ない方が好ましい。

【0027】また、読み出し光の入射光路上には、ビームスプリッタ60が配置されている。そして、ビームスプリッタ60により分割された読み出し光の光路上には、LDアレイ51から出射される複数のレーザ光の波面を計測するためのハルトマンセンサ（波面計測手段）70が設けられている。ハルトマンセンサ70は、マイクロレンズアレイ（MLアレイ）71と電荷結合素子（CCD）73とを備えている。このハルトマンセンサ70は、パターン書き込み装置40の書き込み用電気信号発生器43と電気的に接続されており、ハルトマンセンサ70により計測された複数のレーザ光の波面の状態に基づいて、書き込み用電気信号発生器43を介してSLM20に書き込まれるホログラムパターンが制御される。

【0028】なお、投光手段50から出射されてハルトマンセンサ70に至るレーザ光の光路長が、より詳細にはLDアレイ51から出射されてMLアレイ71に至るレーザ光の光路長 $L_1$ が、投光手段50から出射されてSLM20に至るまでのレーザ光の光路長と等しくなるように、より詳細にはLDアレイ51から出射されてSLM20に至るまでのレーザ光の光路長 $L_2$ と等しくなるように、投光手段50に対してハルトマンセンサ70とSLM20とが配置されている。ここで、「 $L_1$ と $L_2$ とが等しくなるように」とは実質的に $L_1$ と $L_2$ とが等しければ足りる。これにより、MLアレイ71から出射されてSLM20に至るまでのレーザ光の光路長 $L_2$ と同じ距離だけ離れた位置でハルトマンセンサ70によってレーザ光の波面の状態を計測することが可能となるため、当該波面の状態に基づいてレーザ光の波面をより精度良く補償することが可能となる。なお、上述したとおり $L_1$ と $L_2$ とは実質的に等しければ足りるが、 $L_2 \geq L_1$ であっても実質的に問題はない。これは、 $L_2 < L_1$ の場合はレーザ光のビーム径が広がり、ハルトマンセンサ70において隣接するレーザ光の半値幅に相当する部分（「レーザ光の半値幅に相当する部分」については後述する）同士が重なり合ってしまうため、レーザ光の波面の状態を精度良く計測することができなくなるからである。これに対し、 $L_2 > L_1$ の場合はハルトマンセンサ70において受光されるレーザ光のビーム径が小さくなるが、このビーム径をSLM20におけるビーム径まで拡大すれば、実質的に精度良くレーザ光の波面の状

態を計測することができるからである。

【0029】また、読み出し光の反射光路上には、SLM20に書き込まれたホログラムパターンにより波面補償された読み出し光をフーリエ変換するためのフーリエ変換レンズ80が配置されている。

【0030】次に、上記したレーザ加工装置10の動作について説明する。

【0031】まず、LDアレイ51を駆動して複数のレーザ光を出射する。出射された複数のレーザ光からなる読み出し光はCLアレイ53により平行光に調整され、ビームスプリッタ60により一部が分割された後、その一部は互いに重なり合わないようハルトマンセンサ70に入射される。ここで「互いに重なり合わないよう」とは、「レーザ光のビーム径をレーザ光のピーク出力に対して出力が $1/2$ になるところの幅（半値幅）と定義した場合に、当該半値幅に相当する部分が互いに重なり合わないよう」という意味である（これについては後述する）。ハルトマンセンサ70に入射した読み出し光は、MLアレイ71によって結像されてCCD73において受光される。このとき、読み出し光を構成する複数のレーザ光の波面が歪んでいる場合は、各レーザ光はMLアレイ71の個々のレンズに入射する波面の傾きに応じて光軸からズレた場所に結像する。逆に言えば、MLアレイ71の作るたくさんの像がそれぞれどれだけ光軸からズレているか調べることで、個々のレーザ光のレンズ上における波面の傾きを計測することができる。このようにして分かった小さく傾いた波面を連続的につなぎ合わせれば、歪んだ波面の形がどのようなものかを知ることができる。

【0032】ハルトマンセンサ70により計測された複数のレーザ光の波面の状態は、書き込み用電気信号発生器43に送られる。そして、複数のレーザ光の波面の状態と試料Tに対して実際に照射したい光学画像とに基づいて、書き込み用電気信号発生器43によってSLM20に書き込むべきホログラムパターン（位相変調パターン）が作成され、液晶テレビ42に表示される。なお、SLM20に書き込むべきホログラムパターンは、入射される複数のレーザ光からなる読み出し光をそれぞれ独立に補償するために、レーザ光の数と同数のホログラムパターンの集合体からなる。例えば、図3に示すようにLDアレイ51がa～iの9個のLDからなる場合は、SLM20に書き込まれるホログラムパターンは、SLM20の1～9で示される領域に書き込まれる9個の小さなホログラムパターンの集合体からなる。

【0033】このように、複数のレーザ光の波面の状態を加味すると共に、複数のレーザ光を独立して補償するようにホログラムパターンを作成しているため、複数のレーザ光を精度良く波面補償することが可能となる。ここで「波面補償」とは、図4に示すように、一般には波面の形状を平面波にすることを言うが、本明細書では図

5に示すように、これ以外に波面の向きを変えるなど広く波面を制御することを意味する。

【0034】次に、図1に示すように、書き込み光側の光源41から液晶テレビ42に向けて書き込み光を出射する。すると、書き込み光には液晶テレビ42を通過する際にホログラムパターンの画像情報が書き込まれる。この画像情報を有する書き込み光は、結像レンズ44によりSLM20の光導電層24に結像される。SLM20の両ITO23, 28間には、駆動装置33により数ボルトの交流電圧が印加されているが、光導電層24に書き込まれた画像によって、光導電層24は画素位置によって電気的インピーダンスが変化する。その結果、光変調層32は画素位置によって印加される電圧の分圧が異なってくる。

【0035】一方、LDアレイ51から出射された読み出し光のうちビームスプリッタ60を透過した光は、互いに重なり合わないようSLM20の光変調層32へと入射される。ここで「互いに重なり合わないよう」とは、「レーザ光のビーム径をレーザ光のピーク出力に対して出力が1/2になるところの幅（半値幅）と定義した場合に、当該半値幅に相当する部分が互いに重なり合わないよう」という意味である。これは、レーザ光のビームを互いに完全に分離することができれば問題はないが、実際にレーザ光のビームは広がりを持つ。従って、レーザ光のビームがガウス分布していると仮定した場合、レーザ光のビーム径を半値幅で定義すると全体の約75%のパワーがその中に含まれることとなり、実用上高効率でレーザ光を利用できる範囲を75%以上とすると、半値幅に相当する部分が重なり合わないようになれば、レーザ光の75%はロス無く使用することができるからである。前述したとおり、光変調層32は画素位置によって印加される電圧の分圧が異なるので、この電圧に応じて液晶分子の傾きが変化する。このとき、液晶分子は法面内でその配向方向が変化する。その結果、画素位置によって光変調層32の屈折率が変化する。光変調層32に入射された複数のレーザ光からなる読み出し光は、この屈折率変化によりそれぞれ独立して波面補償され、ミラー層25により反射されて入射面から再び出力される。

【0036】そして、この波面補償された読み出し光がフーリエレンズ80によってフーリエ変換され、所望の光学画像が結像再生されて試料Tの所定部位に照射される。

【0037】このように、本実施形態にかかるレーザ加工装置10は、投光手段50としてLDアレイ51を有しているため、高出力化を容易に実現することが可能である。また、複数のレーザ光を互いに重なり合わないようSLM20に入射させて独立に波面補償することができるため、波面補償の精度が高く、結果として加工精度が高くなる。

【0038】そして、上記したように本実施形態にかかるレーザ加工装置10は高出力化を容易に実現することが可能であるため、加工パターンの自由度が高くなる。すなわち、試料Tにおけるレーザ光強度の空間的な分布を任意に作成した場合であっても、LDアレイ51を構成するLDの数を増やせば、試料Tの各点においてレーザ光の強度を十分に確保することができる。さらに、高出力のレーザ光を用いることにより試料Tの加工時間を短縮して作業の効率化を図ることも可能となる。

【0039】また、本実施形態にかかるレーザ加工装置10はハルトマンセンサ70を備えているため、LDアレイ51から出射される複数のレーザ光の波面の状態を加味してホログラムパターンを作成することができ、複数のレーザ光をそれぞれ独立して精度良く波面補償することが可能となる。その結果、加工精度がより一層高くなる。

【0040】次に、本実施形態にかかるレーザ加工装置10により、試料Tに施すことが可能な加工パターンの実施例について説明する。

【0041】LDアレイ51としては、図6(a)に示すように、3×3に配列された二次元LDアレイを考える。なお説明の便宜上、このLDアレイ51には図6(b)に示すようにa～iの記号を付す。

【0042】まず、加工パターンとしてツインビームを形成する場合について説明する。図7に示すように、LDアレイ51の各レーザダイオードa～iから出射されるレーザ光を互いに重なり合わないようSLM20の領域1～9にそれぞれ入射させる。SLM20の領域1において、レーザダイオードaからのレーザ光をホログラムパターンで波面補償して集光点Aに集光させる。これと同様に領域2～5ではレーザダイオードb～eからのレーザ光を波面補償し、集光点Aに集光させる。また、領域6～9ではレーザダイオードf～iからのレーザ光を波面補償し、集光点Bに集光させる。これにより、ツインビームを形成することができる。なお、集光点A、Bの間隔はホログラムパターンを調整することによって制御可能である。

【0043】次に、加工パターンとして強度グラデーションを形成する場合について説明する。図8に示すように、LDアレイ51の各レーザダイオードa～iから出射されるレーザ光を互いに重なり合わないようSLM20の領域1～9にそれぞれ入射させる。SLM20の領域1において、レーザダイオードaからのレーザ光をホログラムパターンで波面補償して集光点Aに集光させる。これと同様に領域2～4ではレーザダイオードb～dからのレーザ光を波面補償し、集光点Aに集光させる。また、領域5～7ではレーザダイオードe～gからのレーザ光を波面補償し、集光点Bに集光させる。さらに、領域8～9ではレーザダイオードh～iからのレーザ光を波面補償し、集光点Cに集光させる。各レーザダ



イオード a ~ i からのレーザ光の強度が等しければ、集光点 A、B、C における光の強度比は 4 : 3 : 2 となり、強度グラデーションを付けることができる。なお、各レーザダイオードからのレーザ光の集め方により、上記したグラデーションパターンのみならず自由に 2 次元的な強度パターンを形成することができる。

【0044】次に、加工パターンとして文字を形成する場合について説明する。図 9 に示すように、LD アレイ 51 の各レーザダイオード a ~ i から出射されるレーザ光を互いに重なり合わないよう SLM20 の領域 1 ~ 9 にそれぞれ入射させる。そして、SLM20 の各領域において各レーザダイオードからのレーザ光をそれぞれ独立にホログラムパターンにより波面補償することで、文字を形成することができる。

【0045】なお、図 7 ~ 図 9 に示す上記した 3 つの加工パターンでは、SLM20 の各領域 1 ~ 9 において波面補償したレーザ光を、試料 T の 1 点でのみ結像している。例えば、図 7 のツインビームを形成する場合は、SLM20 の領域 1 で波面補償したレーザ光を試料 T の A 点でのみ結像して B 点では結像していない。また、図 9 の文字 T を形成する場合は、SLM20 の各領域 1 ~ 9 で波面補償したレーザ光を試料 T の 9 個の加工点のそれぞれに 1 : 1 で結像している。しかし、結像の方法は上記したものに限られず、例えば文字 T を形成する場合に SLM20 の各領域 1 ~ 9 においてそれぞれ文字 T の像を作り、それらを試料 T の加工点で重ね合わせるようにしてもよい。これは、ツインビームを形成する場合や強度グラデーションを形成する場合も同様である。

【0046】次に、加工パターンとして試料 T の所定領域において 2 次元的な強度が均一化されたビームホモジナイザを形成する場合について説明する。図 10 に示すように、LD アレイ 51 の各レーザダイオード a ~ i から出射されるレーザ光を互いに重なり合わないよう SLM20 の領域 1 ~ 9 にそれぞれ入射させる。そして、SLM20 の各領域において各レーザダイオードからのレーザ光をそれぞれ独立にホログラムパターンにより波面補償し、試料 T の領域 A における強度が均一になるよう光を照射させる。このようにして、レーザダイオードが並列していることによって生じる 2 次元的な強度パターンを領域 A において均一化することができる。

【0047】SLM20 では、上記したような加工パターンをパターン書き込み装置 40 を介して短時間に変更することが可能であり、加工パターンの変更の要請に機敏に対応することができる。

【0048】なお、本発明は上記した実施形態に限定されることなく種々の変形が可能である。

【0049】例えば、本実施形態では SLM20 にホログラムパターンを書き込むためのパターン書き込み装置として光アドレス方式を採用したが、書き込み用電気信号発生器 43 から SLM に電気信号を直接送って位相変

調パターンを書き込む電気アドレス方式を採用してもよい。特に、SLM として透過型のもを使用する場合は、光アドレス方式は一般的でないため電気アドレス方式を用いると好ましい。

【0050】また、本実施形態では波面補償手段として SLM を用いたが、これに限定されることなく波面補償手段として形状可変ミラーを用いてもよい。

【0051】また、本実施形態のレーザ加工装置 10 では、パターン書き込み装置 40 は、SLM20 に書き込まれる複数のホログラムパターンのデータを記憶するための記憶手段を備えてもよい。この場合、記憶手段を書き込み用電気信号発生器 43 に内蔵してもよい。このようにすれば、書き込み用電気信号発生器 43 によって作成されたホログラムパターンを記憶手段に記憶しておくことで、パターン書き込み装置 40 は、次回から記憶手段に記憶されているホログラムパターンのデータを読み出すだけで、液晶テレビ 42 にホログラムパターンを表示することが可能となる。すなわち、所望の光学画像から随時ホログラムパターンを作成するという手間が省けるため、SLM20 にホログラムパターンをビデオレートで書き換えることが可能となる。

【0052】また、本実施形態では位相変調パターンとしてフーリエ変換ホログラムパターンを用い、試料 T に光を照射させるためのレンズとしてフーリエ変換レンズ 80 を用いたが、位相変調パターンとしてフレネルホログラムパターンを用いる場合は、試料 T に光を照射させるためのレンズとしては通常の結像レンズを用いることができる。

【0053】また、本実施形態では波面計測装置としてハルトマンセンサ 70 を用いたが、これに限定されることなくシェアリング干渉方式やマルチディザー方式を採用した波面計測装置を用いてもよい。

【0054】

【発明の効果】本発明のレーザ加工装置は、投光手段としてアレイ状に配列された複数のレーザ光源を有しているため、高出力化を容易に実現することが可能である。しかも、複数のレーザ光を互いに重なり合わないよう波面補償手段に入射させて独立に補償することができるため、波面補償の精度が高く、結果として加工精度が高くなる。

【0055】また、上記したように本発明のレーザ加工装置は高出力化を容易に実現することが可能であるため、加工パターンの自由度が高くなると共に、高出力のレーザ光を用いることにより加工時間を短縮して作業の効率化を図ることも可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明のレーザ加工装置の一実施形態の構成を模式的に示す平面図である。

【図 2】空間光変調器の構成を示す断面図である。

【図 3】LD アレイに対応するようホログラムパター

ンが作成される様子を示す説明図である。

【図4】歪んだ波面を平面波に補償する様子を示す説明図である。

【図5】歪んだ波面を波面に傾きを持たせた状態で平面波に補償する様子を示す説明図である。

【図6】図6(a)は、レーザダイオードアレイの構成を模式的に示す図である。図6(b)は、図6(a)のレーザダイオードアレイの個々のレーザダイオードにa～iの記号を付した状態を示す図である。

【図7】加工パターンとしてツインビームを形成する場合の説明図である。

【図8】加工パターンとして強度グラデーションを形成

する場合の説明図である。

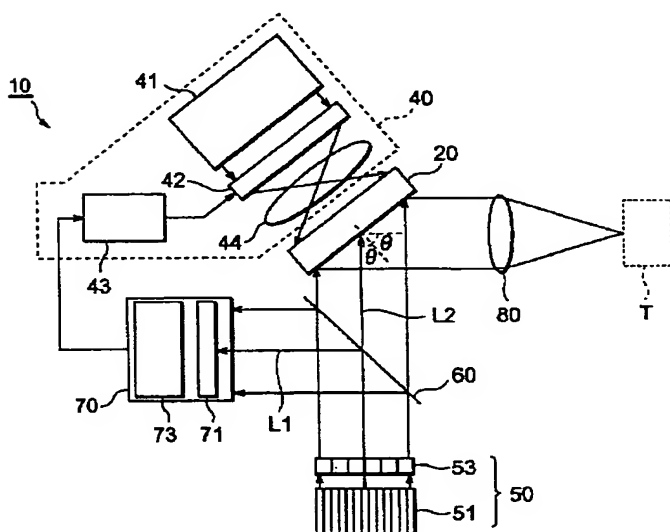
【図9】加工パターンとして文字を形成する場合の説明図である。

【図10】加工パターンとしてビームホモジナイザを形成する場合の説明図である。

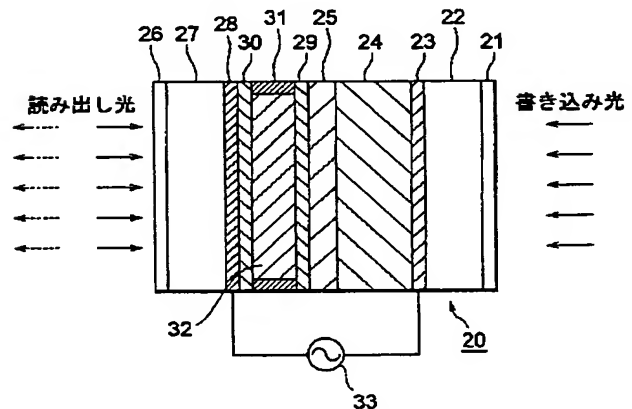
【符号の説明】

10…レーザ加工装置、20…空間光変調器、40…パターン書き込み装置、50…投光手段、51…レーザダイオードアレイ、53…シリンドリカルレンズアレイ、70…ハルトマンセンサ、80…フーリエ変換レンズ、T…試料。

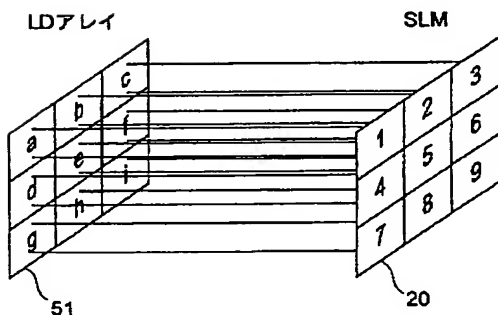
【図1】



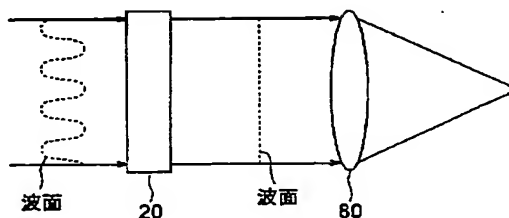
【図2】



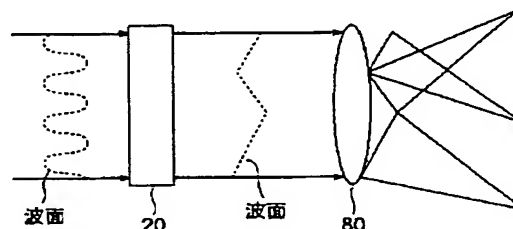
【図3】



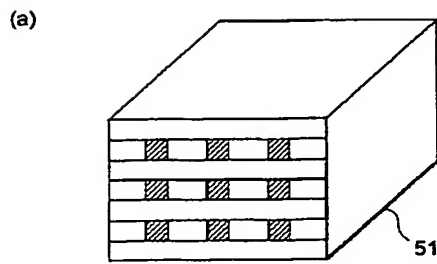
【図4】



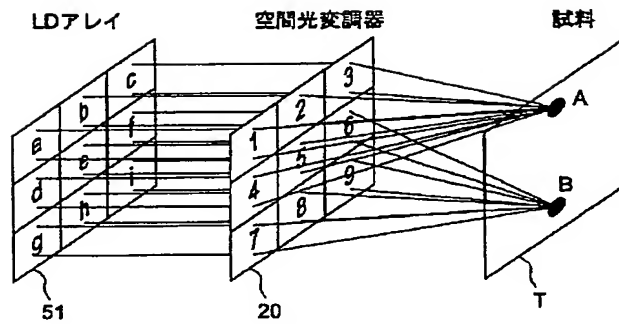
【図5】



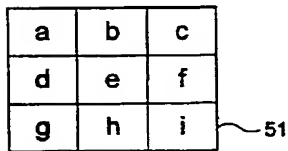
【図6】



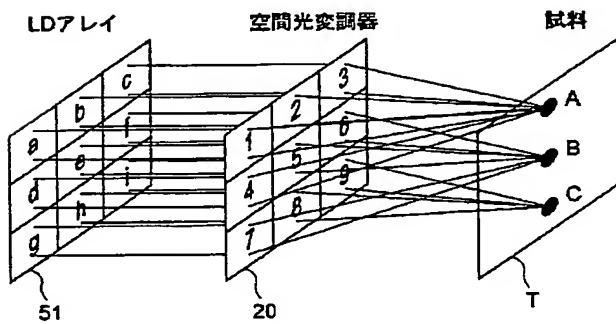
【図7】



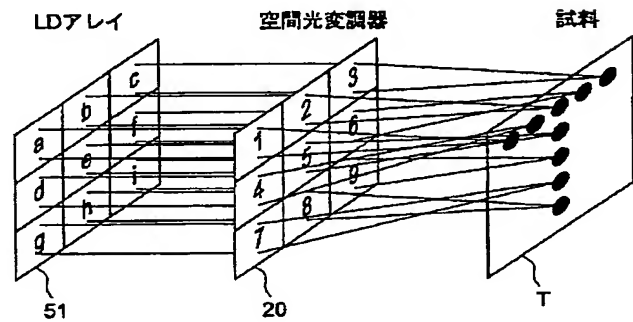
(b)



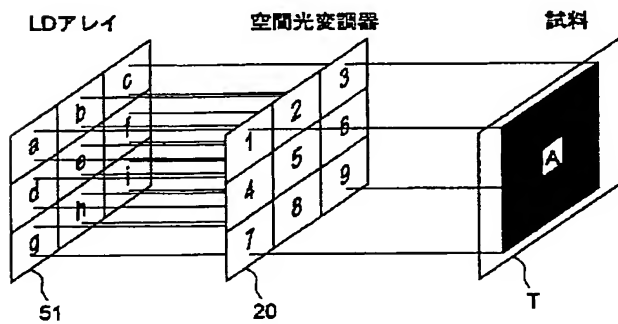
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 7

H 0 1 S 5/40

識別記号

F I

G 0 2 B 27/00

テ-マコード (参考)

E

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-223766

(43)Date of publication of application : 11.08.2000

(51)Int.Cl.

H01S 3/107  
B23K 26/06  
G02F 1/13  
H01S 3/00

(21)Application number : 11-027311

(71)Applicant : SEIKO EPSON CORP

(22)Date of filing : 04.02.1999

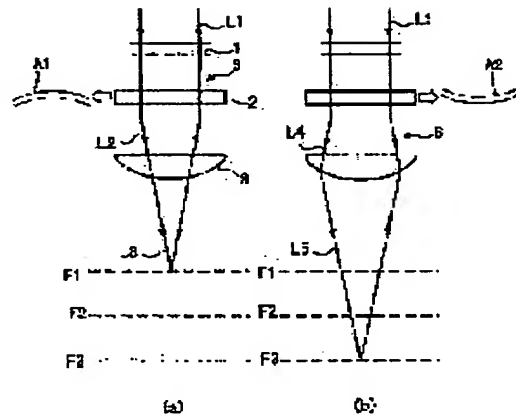
(72)Inventor : AMAKO ATSUSHI  
UMETSU KAZUNARI

## (54) EQUIPMENT AND METHOD FOR LASER WORKING

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a laser working equipment which can control the movement of a focal position of a laser light, the shape of a convergent spot and the deflection width of the laser light by using a simple constitution, and a laser working method.

**SOLUTION:** In this laser working equipment which has at least a light source outputting laser lights L1-L5 and a modulating means modulating the laser lights, the modulating means is composed of a liquid crystal panel 2 wherein a liquid crystal is sandwiched between a pair of substrates and modulates the laser lights by using the arranging state of molecules of the liquid crystal.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-223766  
(P2000-223766A)

(43) 公開日 平成12年8月11日(2000.8.11)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
H 0 1 S 3/107		H 0 1 S 3/107	2 H 0 8 8
B 2 3 K 26/06		B 2 3 K 26/06	E 4 E 0 6 8
G 0 2 F 1/13	5 0 5	G 0 2 F 1/13	5 0 5 5 F 0 7 2
H 0 1 S 3/00		H 0 1 S 3/00	B

審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平11-27311

(22) 出願日 平成11年2月4日(1999.2.4)

(71) 出願人 000002369

セイコーエプソン株式会社  
東京都新宿区西新宿2丁目4番1号

(72) 発明者 尼子 淳

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72) 発明者 梅津 一成

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(74) 代理人 100093388

弁理士 鈴木 喜三郎 (外2名)

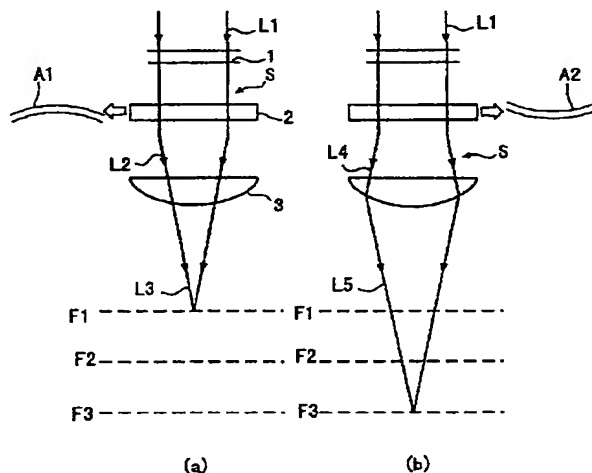
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザー加工装置およびレーザー加工方法

(57) 【要約】

【課題】 簡易な構成によりレーザー光の焦点位置の移動、集光スポットの形状およびレーザー光の振幅の制御を行うことのできるレーザー加工装置およびレーザー加工方法を提供する。

【解決手段】 レーザー光(L1~L5)を出射する光源と、前記レーザー光を変調する変調手段とを少なくとも有するレーザー加工装置において、前記変調手段は、一対の基板(20, 21)間に液晶(22)が挟持されてなる液晶パネル(2)で構成され、前記液晶の分子の配列状態により前記レーザー光を変調するようにした。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レーザー光を出射する光源と、前記レーザー光を変調する変調手段とを少なくとも有してなるレーザー加工装置において、

前記変調手段は、一対の基板間に液晶が挟持されてなる液晶パネルで構成され、前記液晶の分子の配列状態により前記レーザー光を変調することを特徴とするレーザー加工装置。

【請求項 2】 前記液晶パネルは、前記レーザー光の焦点位置を変化させる機能を有することを特徴とする請求項 1 記載のレーザー加工装置。

【請求項 3】 前記液晶パネルは、前記レーザー光の集光スポットの形状を変化させる機能を有することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のレーザー加工装置。

【請求項 4】 前記液晶パネルは、前記レーザー光の振れ幅を制御する機能を有してなることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 の何れかに記載のレーザー加工装置。

【請求項 5】 前記液晶パネルは、入力される光変調データに基づいて前記液晶の分子の配列状態を変化させ、入射したレーザー光を変調して出射させることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 の何れかに記載のレーザー加工装置。

【請求項 6】 上記光変調データは、位相変調関数に基づくデータであることを特徴とする請求項 5 記載のレーザー加工装置。

【請求項 7】 上記光変調データは、フレネルゾーンプレート状の位相分布に基づくデータであることを特徴とする請求項 5 記載のレーザー加工装置。

【請求項 8】 上記光変調データは、マイクロプリズム状の位相分布に基づくデータであることを特徴とする請求項 5 記載のレーザー加工装置。

【請求項 9】 上記光源は、Nd:YAG レーザー発振器あるいは CO<sub>2</sub> レーザー発振器であることを特徴とする請求項 1 から請求項 8 の何れかに記載のレーザー加工装置。

【請求項 10】 レーザー光を出射する光源と、前記レーザー光を変調する変調手段とを少なくとも有してなり、前記変調手段によって変調されたレーザー光により試料を加工するレーザー加工方法において、前記変調手段は一対の基板間に液晶が挟持されてなる液晶パネルで構成され、前記液晶パネルに印加する信号に基づいて前記液晶パネルに挟持されてなる液晶の分子の配列状態を変化させ、前記液晶パネルに入射した前記レーザー光を前記液晶の配列状態により変調して出射させることを特徴とするレーザー加工方法。

【請求項 11】 前記液晶パネルに印加する信号に基づいて、上記レーザー光の焦点を変化させることを特徴とする請求項 10 記載のレーザー加工方法。

【請求項 12】 前記液晶パネルに印加する信号に基づ

いて、前記レーザー光の集光スポットの形状を変化させることを特徴とする請求項 10 記載のレーザー加工方法。

【請求項 13】 前記液晶パネルに印加する信号に基づいて、前記レーザー光の振れ幅を制御してなることを特徴とする請求項 10 記載のレーザー加工方法。

【請求項 14】 上記信号は、位相変調関数に基づくデータであることを特徴とする請求項 10 から請求項 13 の何れかに記載のレーザー加工方法。

【請求項 15】 上記信号は、フレネルゾーンプレート状の位相分布に基づくデータであることを特徴とする請求項 10 から請求項 13 の何れかに記載のレーザー加工方法。

【請求項 16】 上記信号は、マイクロプリズム状の位相分布に基づくデータであることを特徴とする請求項 10 から請求項 13 の何れかに記載のレーザー加工方法。

【請求項 17】 上記光源は、Nd:YAG レーザー発振器あるいは CO<sub>2</sub> レーザー発振器であることを特徴とする請求項 10 から請求項 16 の何れかに記載のレーザー加工方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、集光されたレーザー光を試料に照射して試料を加工するレーザー加工装置およびレーザー加工方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来において、シリコンやサファイア等の試料に穴をあける加工を行う場合に、レーザー加工装置が用いられている。

【0003】 このレーザー加工装置は、例えば YAG レーザー発振器等をレーザー光源とするレーザー光を光学系により集光し、そのレーザー光を上記試料に照射して、微小面積に高密度のエネルギーを投入して材料を溶融または蒸発させて穴をあけるものである。

【0004】 ところで、レーザー加工装置による穴あけ加工を行う場合において、穴が徐々に深く形成されるにしたがって、レーザー光と加工する材料との接点（加工点）の位置が変わってくるため、その焦点位置を加工時間の経過にしたがって変化させる手段が必要である。

【0005】 また、試料の種類や、あける穴の形状等に応じてレーザー光の集光スポットのパターンを代える必要もある。

【0006】 従来のレーザー加工装置では、上記の焦点位置の変化に追従させる手段として、例えばレンズ群で構成される光学系に係合するピエゾ素子を駆動源とするアクチュエータを用い、光学系自体を微小距離移動させて焦点位置を変えたり、あるいは試料を載置するステージ自体を移動させることにより焦点位置を変えていた。

【0007】 また、集光スポットのパターンについては、所定のパターンを形成した複数種類のフィルタを用



意して、必要に応じてそのフィルタを付け替えることにより対応していた。

#### 【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来のようにピエゾ素子を駆動源とするアクチュエータを用いる構成では、ピエゾ素子の特性から光学系の移動距離が不十分であり、焦点位置の変化に十分に対応することができず、穴を十分に深くできないという問題があった。

【0009】例えば、サファイアを試料として用いた場合において、レーザー光の照射回数と加工穴の深さには図7の(a)のグラフに示すような関係がある。このグラフから分かるように、レーザー光の照射回数は40～50回程度で穴の深さが頭打ちとなり、50～100回と行っても穴の深さは3mm以上にはできなかった(図7の(b)参照)。

【0010】この状態を開して穴をより深くあけるためには、レーザー光の焦点位置をより深い位置に移動させる必要があるが、従来のピエゾ素子を駆動源とするアクチュエータでは、そのような比較的距離の長い光学系の移動は困難であった。ピエゾ素子(圧電素子)に電圧を印加して得られる移動距離はミクロン単位の微細なものだからである。

【0011】また、光学系を移動させるための機構が複雑となり製造コストが嵩むという難点もあった。

【0012】また、従来のように焦点位置を変えるために、光学系または試料を載せたステージの何れかを機械的に移動させる場合にも、光学系やステージに加速減速を生じるため焦点位置制御の精度が低くなるという問題がある。従って、穴の断面形状が不均一になり、同一規格の穴を正確にあけることができないという問題があった。

【0013】さらに、集光スポットのパターンを連続的に変化させる場合には、フィルタを交換するという手法では対応しきれないという問題があった。

【0014】本発明は、上記問題点を解決すべく案出されたものであり、レーザー光の焦点位置の移動、集光スポットの形状およびレーザー光の振れ幅の制御を行うことのできるレーザー加工装置およびレーザー加工方法を提供することを主な目的とする。

#### 【0015】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明に係るレーザー加工装置は、レーザー光を出射する光源と、前記レーザー光を変調する変調手段とを少なくとも有してなるレーザー加工装置において、前記変調手段は、一対の基板間に液晶が挟持されてなる液晶パネルで構成され、前記液晶の分子の配列状態により前記レーザー光を変調するようにしたものである。

【0016】これによれば、従来のような機械的な制御を必要とせず、液晶パネルに印加する信号(データ)によりレーザー光を変調することが出来る。したがって、

距離の長い光学系の移動は困難なピエゾ素子による機械的駆動部を設けることなくレーザー光を変調することができる。

【0017】また、液晶パネルに印加する信号(データ)を変えることにより、焦点の制御、スポットの形状などの制御も容易に出来る。したがって、これらの焦点の制御、スポットの形状などの制御を適宜組み合わせることによりレーザー加工の自由度を高めることができ、より深い穴をあけることが可能になる。

【0018】即ち、機械的な力を加えることなく液晶パネルによりレーザー光を変調することにより正確に制御することができるため、焦点位置を最適に制御することにより穴をより深くあけることができる。

【0019】なお、前記液晶パネルは、入力される光変調データに基づいて前記液晶の分子の配列状態を変化させ、入射したレーザー光を変調して出射させるようにすることができる。したがって、液晶の分子の配列状態に応じてレーザー光の種々の変調を容易に行うことができる。

【0020】また、上記光変調データは、位相変調関数に基づくデータ、フレネルゾーンプレート状の位相分布に基づくデータ、あるいはマイクロプリズム状の位相分布に基づくデータとすることができる。これにより、レーザー加工時の必要に応じてレーザー光の多様な変調を行うことができる。

【0021】なお、上記光源は、Nd:YAGレーザー発振器あるいはCO<sub>2</sub>レーザー発振器とすることができる。これにより、高エネルギーのレーザー光を得ることができる。

【0022】また、他の発明に係るレーザー加工方法は、レーザー光を出射する光源と、前記レーザー光を変調する変調手段とを少なくとも有してなり、前記変調手段によって変調されたレーザー光により試料を加工するレーザー加工方法において、前記変調手段は一対の基板間に液晶が挟持されてなる液晶パネルで構成され、前記液晶パネルに印加する信号に基づいて前記液晶パネルに挟持されてなる液晶の分子の配列状態を変化させ、前記液晶パネルに入射した前記レーザー光を前記液晶の配列状態により変調して出射させるようにしたものである。

【0023】この方法によれば、レーザー光の焦点位置、集光スポットの形状およびレーザー光の振れ幅を機械的な力を加えることなく正確に制御することができるため、焦点位置を最適に制御することにより穴をより深くあけることができ、また、焦点位置の移動に伴う物理的な加速減速がないため、焦点位置制御の精度を高めることができ、穴の断面形状の均一性を向上させることができる。

#### 【0024】

【発明の実施の形態】以下、本発明の好適な実施形態を図面に基いて説明する。

【0025】ここに、図1は実施形態に係るレーザー加工装置の概略構成を示す概略説明図である。

【0026】図1において、レーザー加工装置Sは、図示しないレーザー光源としてのNd:YAGレーザー発振器あるいはCO<sub>2</sub>レーザー発振器と、当該レーザー発振器から出射されたレーザー光L1を透過させる波長板1、液晶空間光変調器(LCSLM)を構成する液晶パネル2、液晶パネル2を透過したレーザー光L2を集光する集光レンズ3から構成されている。液晶パネルは入射した光を位相変調をすることができる液晶パネルである。

【0027】概略上記のような構成のレーザー加工装置Sにおいて、液晶パネル2に屈折率が正となるレンズ作用を示すパターンに基づくデータを入力した場合には、液晶パネル2は、図1の(a)に示す集光レンズA1と同等の機能を果たす。すなわち、液晶パネルに形成された電極に印加されるデータに基づき、液晶パネルに挟持される液晶分子が所定の方向に配列し、図1(a)に示した集光レンズと同様の機能を持つこととなる。

【0028】この場合、集光レンズA1として機能する液晶パネル2を透過するレーザー光L1は、ある程度収束されたレーザー光L2に変換され集光レンズ3に入射する。レーザー光L2は、集光レンズ3で収束されたレーザー光L3となって、集光レンズ3単体に平行光線を\*

$$F1 = \{f / (f + F2)\} F2 < F2 \quad \dots \text{式(1)}$$

$$F3 = \{f / (f - F2)\} F2 > F2 \quad \dots \text{式(2)}$$

ただし、fは液晶パネル2でパターン化して表示したレンズの焦点距離であり、当該fは以下の式(3)の条件を満足しなければならない。

$$【0034】 f > NP^2 / \lambda \quad \dots \text{式(3)}$$

ただし、Nはレンズを表示するために用いる液晶パネルの画素数、Pは液晶パネルの画素寸法、λはレーザー波長である。

【0035】具体的な実施例として、N=100、P=100μm、λ=1、064μm(Nd:YAG基本波)の場合を示す。

【0036】この場合、上記式(3)から、 $f > NP^2 / \lambda \approx 940\text{mm}$

$F2=100\text{mm}$ 、 $F3=1000\text{mm}$ とすると、上記式(1)、(2)から、 $F1=90.9\text{mm}$ 、 $F3=111.1\text{mm}$ となる。

【0037】よって、焦点距離の可変範囲は、 $90.9\text{mm} < F < 111.1\text{mm}$ となり、±10mmを得ることができる。

【0038】このように、液晶パネル2に入力されるパターンデータによって、実質的にレーザー光L1の焦点距離を例えばF1からF3の範囲で比較的大きく変化させることができる。

【0039】したがって、本実施形態に係るレーザー加工装置Sによって、シリコンやサファイアなどの試料に

\*入射させた場合の焦点距離F2よりも短い焦点距離F1に焦点を結ぶようになる。

【0029】また、液晶空間光変調器としての液晶パネル2に屈折率が負となるレンズ作用を示すパターンに基づくデータを入力した場合には、液晶パネル2は、図1の(b)に示す拡散レンズA2と同等の機能を果たす。つまり、液晶パネルに印加されるデータにより液晶分子の配列方向を変え、拡散レンズA2と同様な効果を持たせる。印加するデータは、先に示した集光レンズA1のような機能をもたらすためのデータとは異なるデータである。

【0030】この場合、拡散レンズA2として機能する液晶パネル2を透過するレーザー光L1は、光束がある程度拡散されたレーザー光L4とされて集光レンズ3に入射する。レーザー光L4は、集光レンズ3で収束されたレーザー光L5となって、集光レンズ3単体に平行光線を入射させた場合の焦点距離F2よりも長い焦点距離F3に焦点を結ぶようになる。

【0031】ここで、焦点距離F1、F2、F3の関係を示す。

【0032】各焦点距離F1、F2、F3の関係は以下の式(1)、(2)で表される。

【0033】

穴をあけるようなレーザー加工を施す際に、液晶パネルに印加するデータに基づいて液晶分子の配列状態を制御することにより、穴のあき具合に応じてレーザー光の焦点距離を長くすることができ、所望深さの穴を形成することができる。

【0040】しかも、焦点距離の可変範囲(F1~F3)は、従来のピエゾ素子を駆動源とするアクチュエータで光学系を移動させていた場合、すなわち機械的な制御により焦点距離を制御していた場合よりも焦点距離を広くすることができる。つまり、従来の機械的な制御により焦点距離を変えていたとき、100ミクロン程度の範囲の制御しかできなかったのに対し、本発明のレーザー加工装置を用いることによって容易に20mm程度まで焦点距離を広げることができ、加工範囲の自由度が高まり、より深い穴をあけることが可能である。

【0041】さらに、本実施形態に係るレーザー加工装置Sによれば、従来のように機械的な可動部がないので、光学系やテーブルなどの移動に加速減速がなく、焦点位置制御を高精度で行うことができ、穴の断面形状を均一にして、同一規格の穴を歩留まりよくあけることも可能となる。

【0042】ここで、図2を参照して、デジタル形の液晶空間光変調器としての液晶パネル2の構成の概略を簡単に説明する。

【0043】図2の(a)は、液晶パネル2の概略断面図、(b)はその平面図である。

【0044】図2において、符号20、21は一对の対向するガラス基板であり、ガラス基板20、21の間に液晶22を挟持する構成となっており、液晶パネル2の端部はスペーサ30によって封止されている。

【0045】ガラス基板20の液晶側の表面には、電極、配向膜がそれぞれ積層されて形成されている。

【0046】また、他方のガラス基板21の液晶側の表面には、電極、そして配向膜が積層状態で形成されている。

【0047】液晶22はネマチック液晶を用い、液晶分子がほぼ平行に配列した構成を有する。

【0048】次に、具体的なパターンデータの例を図3、図4を参照して説明する。

【0049】図3、図4は、それぞれパターンデータの位相分布の平面イメージ図(a)および断面位相分布グラフ(b)を示している。

【0050】まず、図3に示す例は、フレネルゾーンプレート状の位相分布である。

【0051】このフレネルゾーンプレート状の位相分布は、図3(a)に示すような同心円状のパターンであり、液晶パネルPにフレネルレンズと同等の光学特性を付与するものである。

【0052】フレネルゾーンプレート状の位相分布に相当するデジタルデータDD1は、図3(a)のA-A'の断面位相分布を示す図3(b)にあるように、フレネルゾーンプレート状の位相分布の起伏を連続的に示すアナログデータAD1を例えば4レベルで量子化することにより得られる。なお、位相の量子化数は上記4レベルに限られるものでなく、8、16、32レベル等で量子化することが可能である。

【0053】かかるフレネルゾーンプレート状の位相分布に相当するデジタルデータDD1が、上記デジタル形の液晶空間光変調器としての液晶パネル2に入力されると、液晶パネル2には図3(a)に示すような同心円状のパターンが表され、フレネルレンズ(結像素子)と同等の光学特性により、この液晶パネル2を通過するレーザー光を収束させたり、拡散させたりすることができる。

【0054】なお、フレネルゾーンプレート状の位相分布の間隔、即ち同心円状のパターンの間隔は入力するデジタルデータを変更するだけで簡単に行うことができ、これによりレーザー光の焦点位置を自在に移動させることが可能となる。

【0055】また、図4に示す例は、マイクロプリズム状の位相分布である。

【0056】このマイクロプリズム状の位相分布は、図4(a)に示すようなすだれ状のパターンであり、液晶パネル2に微細なプリズム列と同等の光学特性を付与す

るものである。

【0057】マイクロプリズム状の位相分布に相当するデジタルデータDD2は、図4(a)のB-B'の断面位相分布を示す図4(b)にあるように、マイクロプリズム状の位相分布の起伏を連続的に示すアナログデータAD2を例えば4レベルで量子化することにより得られる。なお、位相の量子化数は上記4レベルに限られるものでなく、8、16、32レベル等で量子化することが可能である。

【0058】かかるマイクロプリズム状の位相分布に相当するデジタルデータDD2が、上記デジタル形の液晶空間光変調器としての液晶パネル2に入力されると、液晶パネル2には図4(a)に示すようなすだれ状のプリズム列のパターンが表され、その光学特性により、この液晶パネル2を通過するレーザー光の出射方向を変えることができる。

【0059】なお、なすだれ状のプリズム列のパターンの間隔や、パターンの向きは入力するデジタルデータを変更するだけで簡単に行うことができ、これによりレーザー光の出射角度や方向を自在に制御することができる。

【0060】そして、以上説明したフレネルゾーンプレート状の位相分布に相当するデジタルデータDD1や、マイクロプリズム状の位相分布に相当するデジタルデータDD2を適宜組み合わせることで時系列的に液晶空間光変調器としての液晶パネル2に入力することにより、本実施形態に係るレーザー加工装置Sは、シリコンやサファイア等の試料に所望の口径および深さの穴を正確かつ効率良くあけることができる。

【0061】図5は、本実施形態に係るレーザー加工装置Sによって、シリコンに穴をあけた場合のレーザー光照射回数と穴の断面形状の関係を示す例である。

【0062】これによれば、従来のレーザー加工装置では図6(b)に示したように、レーザー光の照射回数が40回程度で穴の深さが止まってしまう照射回数を増やしても飽和状態となっていたが、本実施形態によれば照射回数を50回、60回と増やすにつれて穴の深さを増加させることができた。

【0063】これは、上述のように液晶空間光変調器としての液晶パネル2に入力するデータを適宜変えて、レーザー光の焦点位置や照射方向(レーザー光の振れ幅)の制御を最適化することにより、従来のレーザー加工装置による穴の深さの限界を超えた穴あけ加工の可能性を示している。

【0064】なお、液晶空間光変調器としての液晶パネル2に入力されるパターンデータは、上記のようなフレネルゾーンプレート状の位相分布や、マイクロプリズム状の位相分布に相当するパターンに限定されるものではなく、従来の光学系を液晶表示のパターンで代替することのできるものであれば、対応する位相変調関数などの

データを作成しそのデータを液晶パネルに入力することにより何れにも対応させることが可能である。

【0065】また、本発明に係るレーザー加工装置の構成は上記実施形態に限定されるものでない。

【0066】即ち。例えば、図6に示すような構成とすることもできる。

【0067】ここに図6は、他の実施形態に係るレーザー加工装置の他の構成例を示す説明図であるが、前出の図1と同一の構成については同一符号を付して詳細な説明は省略する。

【0068】図6において、液晶空間光変調器としての液晶パネル2の上方には偏光板50が配置され、液晶パネル2の下方には1/4波長板51が配置される構成となっている。

【0069】このような構成によれば、液晶空間光変調器としての液晶パネル2の上方および下方に配設された上記偏光板50と1/4波長板51の働きにより、光源から発せられたレーザー光L1の偏光状態を直線偏光から円偏光（若しくは楕円偏光）へ変えることができ、より均一な形状のレーザー加工を行うことができるようになる。

【0070】なお、液晶パネル2に入力するデジタルデータを変更することにより、照射パターンや焦点距離を適宜変更したレーザー光L7を試料に照射できる特徴は上記実施形態と同じである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施形態に係るレーザー加工装置の概略構成を示す説明図である。

【図2】本実施形態に係るレーザー加工装置に用いられる液晶空間光変調器としての液晶パネルの概略構成を示す断面図および平面図である。

【図3】液晶パネルに入力されるパターンデータの位相分布の平面イメージ図および断面位相分布グラフであ

\* する。

【図4】液晶パネルに入力されるパターンデータの位相分布の平面イメージ図および断面位相分布グラフである。

【図5】本実施形態に係るレーザー加工装置による穴あけ加工におけるレーザー光照射回数と穴の断面形状の関係を示す穴の断面図である。

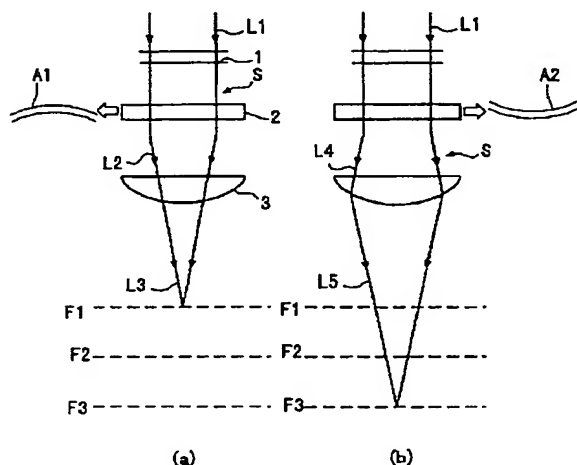
【図6】本実施形態に係るレーザー加工装置の他の構成例を示す説明図である。

10 【図7】従来のレーザー加工装置による穴あけ加工におけるレーザー光照射回数と穴の断面形状の関係を示すグラフおよび穴の断面図である。

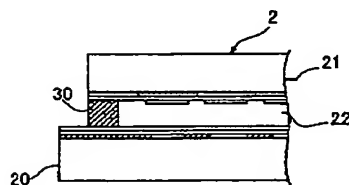
【符号の説明】

S	レーザー加工装置
L1～L5	レーザー光
1	波長板
2	液晶パネル（液晶空間光変調器）
3	集光レンズ
A1	集光レンズ
A2	拡散レンズ
F1～F3	焦点
20	ガラス基板
21	ガラス基板
22	液晶
23	Tiマスク
24	SiO <sub>2</sub> 膜
25	In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 電極
26	ランダム位相板
27	SiO <sub>2</sub> 膜
28	In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> 電極
30	スペーサ
AD1, AD2	アナログデータ
DD1, DD2	デジタルデータ

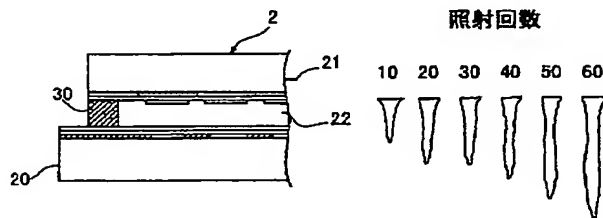
【図1】



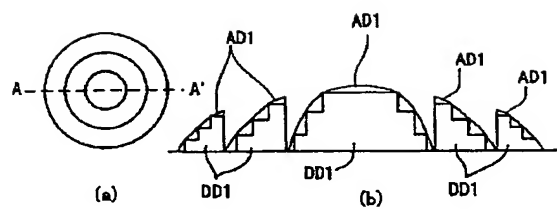
【図2】



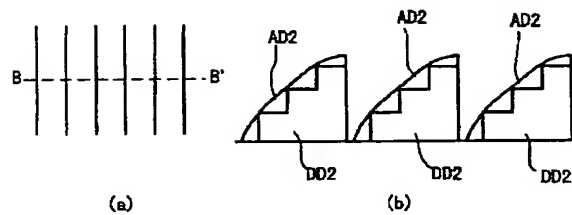
【図5】



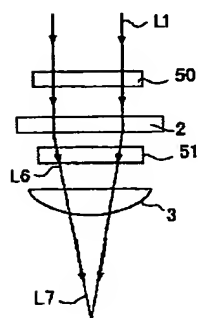
【図3】



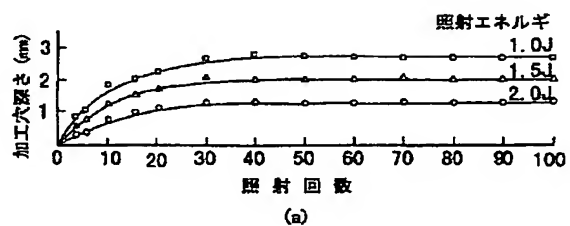
【図4】



【図6】

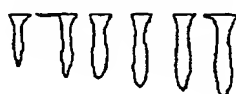


【図7】



照射回数

10 20 30 40 50 60



(b)

フロントページの続き

Fターム(参考) 2H088 EA42 EA47 HA17 HA18 HA24  
 HA28 JA04 MA16  
 4E068 CA07 CA11 CD05 CD08 CK01  
 5F072 AA05 AB02 JJ02 JJ05 KK30  
 MM03 MM09 YY06

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-118047

(43)Date of publication of application : 14.05.1996

(51)Int.Cl.

B23K 26/00  
B23K 26/00  
B23K 26/04  
B23K 26/08  
G01H 11/08  
G01H 17/00

(21)Application number : 06-253148

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 19.10.1994

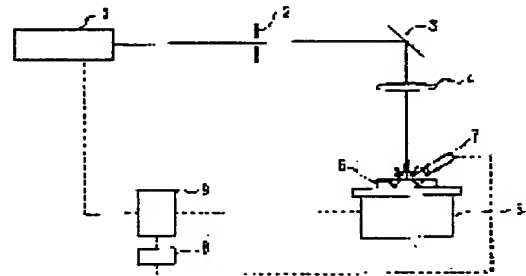
(72)Inventor : YAMADA YASUSHI  
TEZUKA SHINJI

## (54) LASER BEAM MACHINE

### (57)Abstract:

PURPOSE: To enable a minute area to be easily and precisely focused by adjusting the focal position of a laser beam on an article to be machined based on the distribution of sound intensity in explosion.

CONSTITUTION: A laser beam emitted from a laser generator 1 is passed through a mask 2, totally reflected on a total reflection mirror 3, reduced by a reduction lens 4 constituting a reducing optical system and projected on a workpiece 6 placed on an X/Y/Z stage 5. At this time, a microphone 7 is installed near the workpiece 6, and the explosion sound of scattered particles is generated from the workpiece through the irradiation of the laser beam is detected. The acoustic signal of the detected explosion sound is analyzed by a computer 9 after being A/D-converted by an A/D converter. Then, the focal position of the laser beam on the workpiece 6 is adjusted by means of the X/Y/Z stage 5. Thus, a complicated focus adjustment is unnecessitated.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

BEST AVAILABLE COPY

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**BEST AVAILABLE COPY**

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-118047

(43)公開日 平成8年(1996)5月14日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 3 K 26/00	M	3 3 0		
26/04	C			
26/08	D			
G 0 1 H 11/08	Z			

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 5 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平6-253148

(22)出願日 平成6年(1994)10月19日

(71)出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72)発明者 山田 ▲泰▼史

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

(72)発明者 手塚 伸治

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

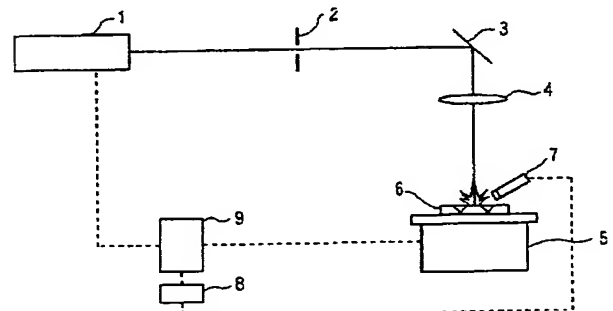
(74)代理人 弁理士 有我 軍一郎

(54)【発明の名称】 レーザ加工装置

(57)【要約】

【目的】 煩雑な焦点調整を行うことなく、しかも色収差の影響を受けることなく被加工物の微小領域の焦点合わせを容易に、かつ精度良く行うことができる。

【構成】 レーザ照射手段と、照射されたレーザを縮小投影する縮小投影手段と、縮小投影されたレーザを被加工物に照射して、該被加工物を加工するレーザ加工装置において、前記被加工物にレーザを縮小投影し照射して前記被加工物を加工する時に、前記被加工物から発生する飛散粒子の爆発音を検出する爆発音検出手段と、検出した爆発音の音強度分布に基づいて、レーザの前記被加工物への焦点位置を調整する焦点位置調整手段とを有する。



BEST AVAILABLE COPY



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】レーザ照射手段と、照射されたレーザを縮小投影する縮小投影手段と、縮小投影されたレーザを被加工物に照射して、該被加工物を加工するレーザ加工装置において、前記被加工物にレーザを縮小投影し照射して前記被加工物を加工する時に、前記被加工物から発生する飛散粒子の爆発音を検出する爆発音検出手段と、検出した爆発音の音強度分布に基づいて、レーザの前記被加工物への焦点位置を調整する焦点位置調整手段とを有することを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項2】前記爆発音検出手段は、マイクロフォンから構成することを特徴とする請求項1記載のレーザ加工装置。

【請求項3】レーザ照射手段と、照射されたレーザを縮小投影する縮小投影手段と、縮小投影されたレーザを被加工物に照射して該被加工物を加工するレーザ加工装置において、前記被加工物にレーザを縮小投影し照射して前記被加工物を加工する時に、前記被加工物から発生する振動信号を検出する振動信号検出手段と、検出した振動信号の強度分布に基づいて、レーザの前記被加工物への焦点位置を調整する焦点位置調整手段とを有することを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項4】前記振動信号検出手段は、圧電素子から構成することを特徴とする請求項3記載のレーザ加工装置。

【請求項5】前記焦点位置調整手段による前記焦点位置の調整は、前記被加工物を載置するステージを移動させることにより行うことを特徴とする請求項1乃至4記載のレーザ加工装置。

【請求項6】前記焦点位置調整手段は、前記被加工物の一部にアブレート可能物質を付加した位置での焦点位置調整を行うことを特徴とする請求項1乃至5記載のレーザ加工装置。

【請求項7】前記焦点位置調整手段による焦点位置の調整は、2台以上のレーザの少なくとも1台のレーザで行うことを特徴とする請求項1乃至6記載のレーザ加工装置。

【請求項8】前記爆発音の強度信号と前記振動信号を積算する信号積算手段と、積算した信号に基づいて前記被加工物の加工深さを制御することを特徴とする加工物深さ制御手段とを有することを特徴とする請求項1乃至7記載のレーザ加工装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、レーザ加工装置に係り、詳しくは、焦点調整制御や加工深さ制御を行うレーザ加工技術に適用することができ、特に、煩雑な焦点調整を行うことなく、しかも色収差の影響を受けることなく被加工物の微小領域の焦点合わせを容易に、かつ精度良く行うことができるレーザ加工装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来のレーザ加工装置は、半導体レーザ等のレーザ光源と縮小投影光学系等から構成されており、このレーザ光源から出射されるレーザを縮小投影光学系で縮小投影して被加工物に照射することにより被加工物の加工を行っている。この時、レーザの被加工物への焦点合わせは、光学系により行っている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記した従来のレーザ加工装置では、レーザで被加工物を加工する場合、特に微小領域の焦点合わせを行う時、光学系による煩雑な焦点調整を行わなければならない、手間がかかり面倒であるという問題があった。また、焦点調整を行った後、何等かの原因で仮に光学系による位置ずれが生じると、再度調整を行わなければならない、その調整も上記と同様面倒であった。

【0004】上記した従来のレーザ加工装置では、アブレーション加工を行う時、通常エキシマレーザによって行われ、参照光との波長の違いによる色収差が必ず存在するため、色収差の影響を受けて、焦点合わせを行い難くなるという問題があった。そこで、本発明は、煩雑な焦点調整を行うことなく、しかも色収差の影響を受けることなく被加工物の微小領域の焦点合わせを容易に、かつ精度良く行うことができるレーザ加工装置を提供することを目的とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明は、レーザ照射手段と、照射されたレーザを縮小投影する縮小投影手段と、縮小投影されたレーザを被加工物に照射して、該被加工物を加工するレーザ加工装置において、前記被加工物にレーザを縮小投影し照射して前記被加工物を加工する時に、前記被加工物から発生する飛散粒子の爆発音を検出する爆発音検出手段と、検出した爆発音の音強度分布に基づいて、レーザの前記被加工物への焦点位置を調整する焦点位置調整手段とを有することを特徴とするものである。

【0006】請求項2記載の発明は、上記請求項1記載の発明において、前記爆発音検出手段は、マイクロフォンから構成することを特徴とするものである。請求項3記載の発明は、レーザ照射手段と、照射されたレーザを縮小投影する縮小投影手段と、縮小投影されたレーザを被加工物に照射して該被加工物を加工するレーザ加工装置において、前記被加工物にレーザを縮小投影し照射して前記被加工物を加工する時に、前記被加工物から発生する振動信号を検出する振動信号検出手段と、検出した振動信号の強度分布に基づいて、レーザの前記被加工物への焦点位置を調整する焦点位置調整手段とを有することを特徴とするものである。

【0007】請求項4記載の発明は、上記請求項3記載の発明において、前記振動信号検出手段は、圧電素子か

ら構成することを特徴とするものである。請求項 5 記載の発明は、上記請求項 1 乃至 4 記載の発明において、前記焦点位置調整手段による前記焦点位置の調整は、前記被加工物を載置するステージを移動させることにより行うことを特徴とするものである。

【0008】請求項 6 記載の発明は、上記請求項 1 乃至 5 記載の発明において、前記焦点位置調整手段は、前記被加工物の一部にアブレート可能物質を付加した位置での焦点位置調整を行うことを特徴とするものである。請求項 7 記載の発明は、上記請求項 1 乃至 6 記載の発明において、前記焦点位置調整手段による焦点位置の調整は、2 台以上のレーザの少なくとも 1 台のレーザで行うことを特徴とするものである。

【0009】請求項 8 記載の発明は、上記請求項 1 乃至 7 記載の発明において、前記爆発音の強度信号と前記振動信号を積算する信号積算手段と、積算した信号に基づいて前記被加工物の加工深さを制御することを特徴とする加工物深さ制御手段とを有することを特徴とするものである。

【0010】

【作用】レーザアブレーション加工によって加工領域内の分子は、瞬時に結合が解かれ爆発的に飛散する。この飛散粒子は、高エネルギーを有し、超音速流となり、爆発音を発する。また、同時に被加工物は、内部振動励起され、被加工物内に振動波が伝播する。この時、レーザにより加工される被加工物の加工量は、強輻射場下では、レーザ強度に比例し、音響信号、振動信号として測定することができる。レーザ強度は、焦点位置で最大となり、焦点位置からのずれは加工速度、加工形状に大きく影響を与える。

【0011】これから、本発明者等は、被加工物をレーザ加工する時に、被加工物から発生される音響信号、振動信号を検出し、この信号の最大強度に対応する位置に被加工物を合わせ込むことができれば、被加工物を焦点位置に合わせ込むことができることに着目した。以下、本発明の作用を請求項毎に具体的に説明する。請求項 1 記載の発明では、被加工物にレーザを縮小投影して被加工物を加工する時に、被加工物から発生する飛散粒子の爆発音を爆発音検出手段により検出し、この検出した爆発音の音響強度分布に基づいて、レーザの被加工物への焦点位置を焦点位置調整手段により調整するように構成する。

【0012】このため、検出した音響強度分布の音響強度の最大位置にステージを移動させて調整することができるので、従来のような加工光学系による煩雑な焦点調整を行うことなく、しかも、従来のような加工波長による色収差の影響を受けることなく微小領域の焦点合わせを容易に、かつ精度良く行うことができる。請求項 2 記載の発明では、爆発音検出手段をマイクロフォンから構成するため、マイクロフォンにより被加工物から発生す

る飛散粒子の爆発音を容易に、かつ効率良く集音検出することができるうえ、マイクロフォンにより比較的安価なシステムを構成することができる。

【0013】請求項 3 記載の発明では、被加工物にレーザを縮小投影して被加工物を加工する時に、被加工物から発生する振動信号を振動信号検出手段により検出し、この検出した振動信号の強度分布に基づいて、レーザの被加工物への焦点位置を焦点位置調整手段により調整するように構成する。このため、検出した振動信号の強度分布の強度最大の位置にステージを調整することができるので、従来のような加工光学系による煩雑な焦点調整を行うことなく、しかも従来のような加工波長による色収差の影響を受けることなく微小領域の焦点合わせを容易に、かつ精度良く行うことができる。

【0014】請求項 4 記載の発明では、振動信号検出手段を圧電素子から構成するため、圧電素子により被加工物から発生する振動信号を容易に、かつ効率良く検出することができるうえ、圧電素子により比較的安価で、かつスペースの小さいシステムを構成することができる。請求項 5 記載の発明では、焦点位置の調整を被加工物を載置するステージを移動することにより行うように構成するため、従来のような加工光学系による煩雑な焦点調整を行わないで済ませることができ、微小領域の焦点合わせを容易に行うことができる。

【0015】請求項 6 記載の発明では、被加工物の一部にアブレート可能物質を付加した位置での焦点位置調整を行うように構成するため、被加工物の一部にアブレート可能物質を付加した被加工物を焦点位置に調整することにより、縮小光学系を有するアブレーション加工以外の加工法にも対応することができる。例えばフォトリソグラフィ、レーザによる表面改質等の加工法に対応することができる。

【0016】請求項 7 記載の発明では、焦点位置の調整を 2 台以上のレーザの少なくとも 1 台のレーザで行うように構成するため、1 台のレーザを焦点調整に用いることができるので、焦点位置調整とレーザ加工を分離することができる。従って、分離した焦点位置調整とレーザ加工を同時に行うことができるため、加工効率を高めることができ、調整のためのロスを最小限に抑えることができる。

【0017】請求項 8 記載の発明では、爆発音の強度信号と振動信号を信号積算手段により積算し、この積算した積算信号に基づいて被加工物の加工深さを加工深さ制御手段により制御するように構成する。このため、爆発音の強度信号と振動信号を積算した信号を基に被加工物の加工深さの加工量を測定し、この測定した被加工物の加工深さの加工量を制御することができるので、溝穴加工、段堀加工等における加工深さの高精度な制御を行うことができる。

【0018】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を参照して説明する。

(実施例 1) 図 1 は本発明に係る実施例 1 のレーザ加工装置の構成を示す図である。本実施例では、レーザ発振器 1 より出射されたレーザ光は、まず、マスク 2 を通って全反射ミラー 3 で全反射され、縮小光学系を構成する縮小レンズ 4 で縮小されて、X・Y・Z ステージ 5 上に載置された被加工物 6 上に投影照射される。この際、レーザ強度は、レーザアブレーション閾値以上、例えば被加工物 6 をプラスチックフィルムで構成した時で数十 mJ/cm<sup>2</sup> とする。

【0019】この時、X・Y・Z ステージ 5 上に載置した被加工物 6 の付近にマイクロフォン 7 を設置し、このマイクロフォン 7 によりレーザ照射で被加工物 6 から発生される飛散粒子の爆発音を検出する。次に、この検出した爆発音の音響信号を A/D コンバータ 8 で A/D (Analog/Digital) 変換した後、コンピュータ 9 で解析する。

【0020】そして、コンピュータ 9 は、検出した爆発音の音響強度分布に基づいて、X・Y・Z ステージ 5 の例えば Z 軸制御を行うことによりレーザの被加工物 6 への焦点位置を調整する。ここでの焦点位置の調整は、検出した爆発音の音響強度分布の音響強度の最大位置に X・Y・Z ステージ 5 を移動させることにより行う。このように、本実施例では、被加工物 6 にレーザを縮小投影して被加工物 6 を加工する時に、被加工物 6 から発生する飛散粒子の爆発音をマイクロフォン 7 により検出し、この検出した爆発音の音響強度分布に基づいて、レーザの被加工物 6 への焦点位置を X・Y・Z ステージ 5 により調整するように構成している。

【0021】このため、検出した音響強度分布の音響強度の最大位置に X・Y・Z ステージ 5 を移動させて調整することができるので、従来のような加工光学系による煩雑な焦点調整を行うことなく、しかも従来のような加工波長による色収差の影響を受けることなく微小領域の焦点合わせを容易に、かつ精度良く行うことができる。

【0022】本実施例は、被加工物 6 から発生される爆発音を検出するようにマイクロフォン 7 から構成するため、マイクロフォン 7 により被加工物 6 から発生する飛散粒子の爆発音を容易に、かつ効率良く集音検出することができるうえ、マイクロフォン 7 により比較的安価なシステムを構成することができる。

(実施例 2) 図 2 は本発明に係る実施例 2 のレーザ加工装置の構成を示す図である。

【0023】本実施例では、レーザ発振器 1 より出射されたレーザ光は、まず、マスク 2 を通って全反射ミラー 3 で全反射され、縮小光学系を構成する縮小レンズ 4 で縮小されて、X・Y・Z ステージ 5 上に載置された被加工物 6 上に投影照射される。この際、レーザ強度は、レーザアブレーション閾値以上、被加工物 6 をプラスチッ

クで構成した時で数十 mJ/cm<sup>2</sup> とする。

【0024】この時、X・Y・Z ステージ 5 上に載置した被加工物 6 の付近に圧電素子 11 を設置し、この圧電素子 11 によりレーザ照射で被加工物 6 から発生される振動信号を検出する。次に、この検出した振動信号を A/D コンバータ 8 で A/D 変換した後、コンピュータ 9 に解析する。コンピュータ 9 は、検出した振動信号の強度分布に基づいて、X・Y・Z ステージ 5 の例えば Z 軸制御を行うことによりレーザの被加工物 6 への焦点位置を調整する。ここでの焦点位置の調整は、検出した振動信号の強度分布の強度最大の位置に X・Y・Z ステージ 5 を移動させることにより行う。

【0025】このように、本実施例では、被加工物 6 にレーザを縮小投影して被加工物 6 を加工する時に、被加工物 6 から発生する振動信号を圧電素子 11 により検出し、この検出した振動信号の強度分布に基づいて、レーザの被加工物 6 への焦点位置を X・Y・Z ステージ 5 により調整するように構成している。このため、検出した信号振動の強度分布の強度最大の位置に X・Y・Z ステージ 5 を調整することができるので、従来のような加工光学系による煩雑な焦点調整を行うことなく、しかも従来のような加工波長による色収差の影響を受けることなく微小領域の焦点合わせを容易に、かつ精度良く行うことができる。

【0026】本実施例は、被加工物 6 から発生される振動信号を検出するように圧電素子 11 から構成するため、圧電素子 11 により被加工物 6 から発生する振動信号を容易に、かつ効率良く検出することができるうえ、圧電素子 11 により比較的安価で、かつスペースの小さいシステムを構成することができる。なお、上記実施例では、圧電素子 11 を被加工物 6 と離間させ、かつ被加工物 6 近傍に配置して構成したが、本発明はこれのみに限定されるものではなく、要はレーザ加工時に被加工物 6 から発生される振動信号を検出することができればよいので、例えば図 3 に示すように、圧電素子 11 を被加工物 6 上の一部に接着し配置して構成してもよいし、図 4 に示すように、圧電素子 11 を X・Y・Z ステージ 5 と被加工物 6 間に接着し配置して構成してもよい。

【0027】次に、本発明においては、図 5 に示すように、金属、セラミックス等のレーザ照射対象物 21 の一部にポリイミド等のアブレーション可能物質 22 を付加し、その位置での焦点調整を前述した実施例 1, 2 の方法により行い、その後、X・Y・Z ステージ 5 を X・Y 方向に操作して、そのレーザ照射対象物 21 の加工を行うように構成してもよい。

【0028】この場合、被加工物の一部にアブレート可能物質を付加した被加工物を焦点位置に調整することにより、縮小光学系を有するアブレーション加工以外の加工法にも対応することができる。例えばフォトリソグラフィ、レーザによる表面改質等に対応することができ

る。次に、本発明においては、焦点位置の調整を 2 台以上のレーザの少なくとも 1 台のレーザで行うように構成してもよい。この場合、1 台のレーザを焦点調整に用いることができるので、焦点位置調整とレーザ加工を分離することができる。従って、分離した焦点位置調整とレーザ加工を同時に行うことができるため、加工効率を高めることができ、調整のためのロスを最小限に抑えることができる。

【0029】次に、本発明においては、爆発音の強度信号と振動信号を信号積算回路手段により積算し、この積算した信号に基づいて被加工物の加工深さを制御するように構成してもよい。この場合、爆発音の強度信号と振動信号を積算した信号を基に被加工物の加工深さの加工量を測定し、この測定した被加工物の加工深さの加工量を制御することができるので、溝穴加工、段堀加工等における加工深さの高精度な制御を行うことができる。

【0030】

【発明の効果】本発明によれば、煩雑な焦点調整を行うことなく、しかも色収差の影響を受けることなく被加工物の微小領域の焦点合わせを容易に、かつ精度良く行うことができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る実施例 1 のレーザ加工装置の構成\*

\*を示す図である。

【図 2】本発明に係る実施例 2 のレーザ加工装置の構成を示す図である。

【図 3】本発明に適用できる圧電素子の配置例を示す図である。

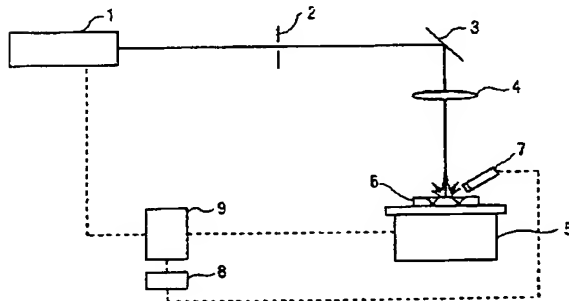
【図 4】本発明に適用できる圧電素子の配置例を示す図である。

【図 5】本発明に適用できるレーザ加工装置の構成を示す図である。

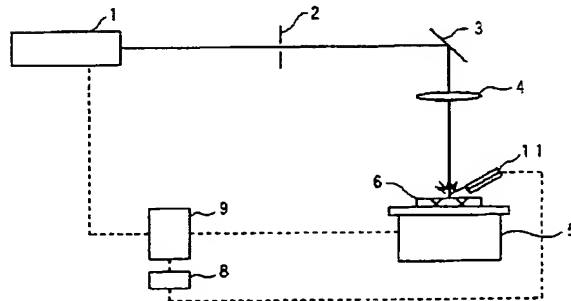
【符号の説明】

- |    |             |
|----|-------------|
| 1  | レーザ発振器      |
| 2  | マスク         |
| 3  | 全反射ミラー      |
| 4  | 縮小レンズ       |
| 5  | X・Y・Z ステージ  |
| 6  | 被加工物        |
| 7  | マイクロフォン     |
| 8  | A/D コンバータ   |
| 9  | コンピュータ      |
| 11 | 圧電素子        |
| 21 | レーザ照射対象物    |
| 22 | アブレーション可能物質 |

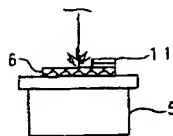
【図 1】



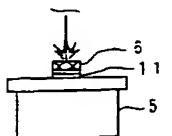
【図 2】



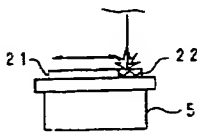
【図 3】



【図 4】



【図 5】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>  
G 0 1 H 17/00

識別記号 庁内整理番号  
Z

F I

技術表示箇所

BEST AVAILABLE COPY

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-010968

(43)Date of publication of application : 14.01.1997

(51)Int.Cl.

B23K 26/00

B08B 7/00

B23K 26/06

(21)Application number : 07-160230

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 27.06.1995

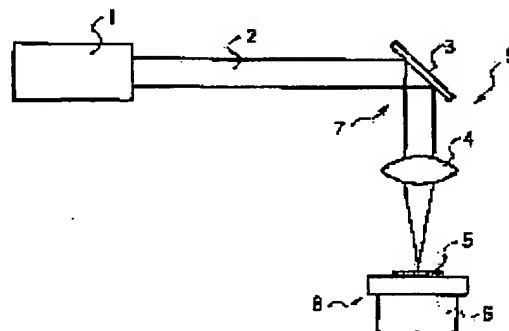
(72)Inventor : YAMADA YASUSHI

## (54) LASER BEAM PROCESSING METHOD AND LASER BEAM MACHINE

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To provide a laser beam processing method and a laser beam machine capable of easily washing a sample surface without requiring intricate stages and decreasing the deposits formed on this sample surface.

**CONSTITUTION:** An X-Y-Z stage 6 is risen in an optical axis direction and the surface of the sample 5 is again irradiated with the laser beam 2 in a defocusing state in the laser beam processing method for executing the removal of the prescribed surface region of the sample 5 contg. an org. high-polymer material by irradiating the sample 5 with the laser beam-2. As a result, the region larger than the region including the prescribed surface region of the surface of the sample 5 is irradiated with the laser beam 2.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 16.03.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 10.12.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**BEST AVAILABLE COPY**

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-10968

(43) 公開日 平成9年(1997) 1月14日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 3 K 26/00			B 2 3 K 26/00	E N
B 0 8 B 7/00			B 0 8 B 7/00	
B 2 3 K 26/06			B 2 3 K 26/06	E C
審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 6 頁)				

(21) 出願番号 特願平7-160230

(22) 出願日 平成7年(1995) 6月27日

(71) 出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72) 発明者 山田 ▲泰▼史

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式  
会社リコー内

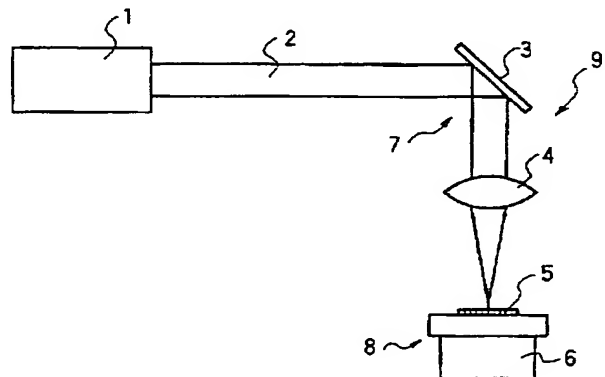
(74) 代理人 弁理士 有我 軍一郎

(54) 【発明の名称】 レーザ加工方法およびレーザ加工装置

## (57) 【要約】

【目的】 本発明は、複雑な工程を要せずに試料表面を簡単に洗浄することができ、試料表面に生成する付着物の低減を図ることができるレーザ加工方法およびレーザ加工装置を提供することを目的としている。

【構成】 有機物高分子材料を含んだ試料5にレーザ光2を照射して該試料の所定表面領域の除去加工を行なうレーザ加工方法において、前記試料5の所定表面領域の除去加工後に、XYZステージ6を光軸方向に上昇させてデフォーカス状態で再度試料5の表面にレーザ光2を照射することにより、試料5の表面の所定表面領域を含んだ該領域よりも大きい領域にレーザ光2を照射することを特徴としている。



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】有機物高分子材料を含んだ試料にレーザー光を照射して該試料の所定表面領域の除去加工を行なうレーザー加工方法において、前記試料の所定表面領域の除去加工後に、該表面の所定表面領域を含んだ該領域よりも大きい領域にレーザー光を再度照射することを特徴とするレーザー加工方法。

【請求項 2】有機物高分子材料を含んだ試料にレーザー光を照射して該試料の所定表面領域の除去加工を行なうレーザー加工方法において、前記試料の所定表面領域にレーザー光を照射するとともに、該所定表面領域を含んだ該領域よりも大きい領域に対して前記レーザー光と同時にあるいは前記レーザー光に対して照射数が制御されたレーザー光を照射することを特徴とするレーザー加工方法。

【請求項 3】有機物高分子材料を含んだ試料の所定表面領域にレーザー光を照射して、該試料の所定表面領域を除去加工するレーザー照射手段を備えたレーザー加工装置において、前記試料の所定表面領域を含んだ該領域よりも大きい領域にレーザー光を照射する副レーザー照射手段を有することを特徴とするレーザー加工装置。

【請求項 4】有機物高分子材料を含んだ試料の所定表面領域にレーザー光を照射して、該試料の所定表面領域を除去加工するレーザー照射手段を備えたレーザー加工装置において、前記試料の所定表面領域を含んだ該領域よりも大きい領域に対して、前記レーザー照射手段によるレーザー照射と同時にあるいは前記レーザー照射手段によるレーザー照射に対して照射数が制御されたレーザー光を照射する副レーザー照射手段と、該副レーザー照射手段のレーザー光強度を調節する調節手段と、有することを特徴とする請求項 3 記載のレーザー加工装置。

【請求項 5】前記レーザー照射手段および副レーザー照射手段が、レーザー光発振器としてエキシマレーザを有するとともに、該エキシマレーザから照射されるレーザー光を前記所定表面領域と所定表面領域を含んだ該領域よりも大きい領域に投影する投影手段を有することを特徴とする請求項 3 または 4 記載のレーザー加工装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、レーザー光を用いて有機物高分子材料を含んだ試料の表面除去加工を行なうレーザー加工方法およびレーザー加工装置に関し、特に、試料表面のレーザー照射部周辺に付着した副生成物の除去を行なうためのレーザー加工方法およびレーザー加工装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】一般に、レーザー光によって有機物高分子材料を含んだ試料の表面を除去加工するときには、試料表面のレーザー光照射領域近傍には、分解生成物が付着するため、レーザー加工処理後にこの付着物を除去する必要がある。従来のこの種の除去方法としては、例えばアル

コール等の有機溶剤による洗浄か、加工中に試料の表面にガスを吹き付ける等を行なうことが知られている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような従来の付着物の除去方法である有機溶剤による洗浄にあっては、付着物の除去後に試料の表面を乾燥する必要があるため、工程が複雑になるという問題が発生してしまった。また、ガスの吹き付けによる洗浄にあっては、ガスを吹き付けるための専用の装置が必要となり、やはり工程が複雑になってしまうという問題があった。

【0004】そこで本発明は、複雑な工程を要せずに試料表面を簡単に洗浄することができ、試料表面に生成する付着物の低減を図ることができるレーザー加工方法およびレーザー加工装置を提供することを目的としている。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】請求項 1 記載の発明は、上記課題を解決するために、有機物高分子材料を含んだ試料にレーザー光を照射して該試料の所定表面領域の除去加工を行なうレーザー加工方法において、前記試料の所定表面領域の除去加工後に、該表面の所定表面領域を含んだ該領域よりも大きい領域にレーザー光を再度照射することを特徴とするものである。

【0006】請求項 2 記載の発明は、上記課題を解決するために、有機物高分子材料を含んだ試料にレーザー光を照射して該試料の所定表面領域の除去加工を行なうレーザー加工方法において、前記試料の所定表面領域にレーザー光を照射するとともに、該所定表面領域を含んだ該領域よりも大きい領域に対して前記レーザー光と同時にあるいは前記レーザー光に対して照射数が制御されたレーザー光を照射することを特徴としている。

【0007】請求項 3 記載の発明は、上記課題を解決するために、有機物高分子材料を含んだ試料の所定表面領域にレーザー光を照射して、該試料の所定表面領域を除去加工するレーザー照射手段を備えたレーザー加工装置において、前記試料の所定表面領域を含んだ該領域よりも大きい領域にレーザー光を照射する副レーザー照射手段を有することを特徴としている。

【0008】請求項 4 記載の発明は、上記課題を解決するために、請求項 3 記載の発明において、有機物高分子材料を含んだ試料の所定表面領域にレーザー光を照射して、該試料の所定表面領域を除去加工するレーザー照射手段を備えたレーザー加工装置において、前記試料の所定表面領域を含んだ該領域よりも大きい領域に対して、前記レーザー照射手段によるレーザー照射と同時にあるいは前記レーザー照射手段によるレーザー照射に対して照射数が制御されたレーザー光を照射する副レーザー照射手段と、該副レーザー照射手段のレーザー光強度を調節する調節手段と、有することを特徴とするものである。

【0009】請求項 5 記載の発明は、上記課題を解決するために、請求項 3 または 4 記載の発明において、前記



レーザ照射手段および副レーザ照射手段が、レーザ光発振器としてエキシマレーザを有するとともに、該エキシマレーザから照射されるレーザ光を前記所定表面領域と所定表面領域を含んだ該領域よりも大きい領域に投影する投影手段を有することを特徴とするものである。

#### 【0010】

【作用】レーザアブレーション加工にあつては、有機物高分子材料を含んだ試料にレーザ光を照射すると、照射部の分子が瞬時に結合が解かれて爆発的に飛散する。この分解生成物は照射部近傍に付着し易い。また、この付着物は一般的に物理吸着であるため、試料の表面との結合力が弱いものである。

【0011】これから、本発明者は、この付着物上にアブレーションと同様のレーザ光を除去加工閾値（アブレーション閾値）以上で数回以上照射すると、その付着物が雰囲気ガス内に拡散して表面が洗浄されることに着目した。以下、本発明の作用を請求項毎に説明する。請求項1記載の発明では、試料の所定表面領域の除去加工後に、該表面の所定表面領域を含んだ該領域よりも大きい領域にレーザ光が再度照射されるようになっている。したがって、照射部近傍に付着して試料表面との結合力が弱い分解生成物が試料表面から簡単に雰囲気ガス内に拡散されて試料の表面が洗浄される。この結果、複雑な工程を要せずに試料表面に生成する付着物の低減が図られる。

【0012】請求項2記載の発明では、試料の所定表面領域にレーザ光が照射されるとともに、該所定表面領域を含んだ該領域よりも大きい領域に対して前記レーザ光と同時にあるいは前記レーザ光に対して照射数が制御されたレーザ光が照射されるようになっている。したがって、照射部近傍に付着して試料表面との結合力が弱い分解生成物が試料表面から簡単に雰囲気ガス内に拡散されて試料の表面が洗浄される。この結果、複雑な工程を要せずに試料表面に生成する付着物の低減が図られる。また、試料の所定表面領域を除去加工している最中に試料の表面の洗浄が行なわれるので、試料表面の加工時間が大幅に短縮される。

【0013】請求項3記載の発明では、有機物高分子材料を含んだ試料の所定表面領域にレーザ光を照射して、該試料の所定表面領域を除去加工するレーザ照射手段に加えて、試料の所定表面領域を含んだ該領域よりも大きい領域にレーザ光を照射する副レーザ照射手段が設けられるので、試料の所定表面領域と所定表面領域を含んだ該領域よりも大きい領域にレーザ光を照射させることができ、照射部近傍に付着して試料表面との結合力が弱い分解生成物が試料表面から簡単に雰囲気ガス内に拡散されて試料の表面が洗浄される。この結果、複雑な工程を要せずに試料表面に生成する付着物の低減が図られる。

【0014】請求項4記載の発明では、有機物高分子材料を含んだ試料の所定表面領域にレーザ光を照射して、

該試料の所定表面領域を除去加工するレーザ照射手段に加えて、試料の所定表面領域を含んだ該領域よりも大きい領域に対して、前記レーザ照射手段によるレーザ照射と同時にあるいは前記レーザ照射手段によるレーザ照射に対して照射数が制御されたレーザ光を照射する副レーザ照射手段と、該副レーザ照射手段のレーザ光強度を調節する調節手段と、が設けられる。

【0015】したがって、請求項3記載の発明の作用に加えて、副レーザ照射手段のレーザ光の強度をレーザ照射手段のレーザ光の強度よりも小さくすれば、所定表面領域の加工用のレーザ光と試料表面との結合力が弱い分解生成物を試料表面から除去するためのレーザ光を区別することができ、所定表面領域を必要以上に除去するのを防止しつつ付着した分解生成物を効率良く除去することができる。

【0016】請求項5記載の発明では、レーザ照射手段および副レーザ照射手段が、レーザ光発振器としてエキシマレーザを有するとともに、該エキシマレーザから照射されるレーザ光を所定表面領域と所定表面領域を含んだ該領域よりも大きい領域に投影する投影手段を有する。したがって、レーザ光が試料表面の所定表面領域と所定表面領域を含んだ該領域よりも大きい領域に容易に導かれ、試料表面の付着した分解生成物の洗浄が容易に行なわれる。

#### 【0017】

【実施例】以下、本発明を実施例に基づいて説明する。図1は本発明に係るレーザ加工方法およびその方法を達成するためのレーザ加工装置の第1実施例を示す図であり、請求項1または3に対応している。まず、構成を説明する。図1において、1はエキシマレーザからなるレーザ発振器であり、このレーザ発振器1から出射されたレーザ光2は全反射ミラー3によって全反射され、縮小レンズ4で縮小されて有機物高分子材料を含んだ試料5上に投影照射される。この試料5は3次元方向に移動可能なXYZステージ6に固定され、焦点方向に可動されるようになっている。

【0018】本実施例では、レーザ発振器1、全反射ミラー3、縮小レンズ4がレーザ照射手段7を構成し、これら各部材にXYZステージ6を加えたものが副レーザ照射手段8を構成している。また、全反射ミラー3および縮小レンズ4が投影手段9を構成している。試料5の所定表面領域の加工時にはXYZステージ6により試料5が焦点位置付近に位置され、このときのレーザ光2の強度は、レーザアブレーション閾値以上、レーザ波長、パルス幅等で異なるが、例えば、248nm、KrFエキシマレーザで40mJ／パルス以上となっている。

【0019】この試料5の所定表面領域（以下、この所定表面領域を単に照射部ともいう）を加工するために、照射部にレーザ光を照射すると、照射部の分子が瞬時に結合が解かれて爆発的に飛散する。この分解生成物は照

射部近傍に付着してしまう。この場合、この付着物は一般的に物理吸着であるため、試料の表面との結合力が弱いものである。

【0020】そこで、照射部の加工が終了したら、XYZステージ6を光軸方向に上昇させてデフォーカス状態で再度試料5の表面にアブレーション閾値以上の数パルスのレーザ光2を照射する。この際、デフォーカス状態で試料5が照射されるので、その照射領域は照射部を含んだ該領域よりも大きい領域となり、照射部の周囲に付着した生成物が試料5の表面から除去される。なお、一般にレーザ光2の1パルス当たりの除去量は0、1～0、3μm程度であるため、レーザ発振器1によってレーザ光2を数回以上照射するのが好ましい。

【0021】このように本実施例では、照射部近傍に付着して試料5表面との結合力が弱い付着生成物を試料5表面から簡単に除去することができ、複雑な工程を要せずに試料5表面に生成する付着物を低減させることができる。また、レーザ発振器1をエキシマレーザから構成するとともに、該エキシマレーザから照射されるレーザ光2を照射部と照射部を含んだ該照射部よりも大きい領域に投影する投影手段9を設けているため、レーザ光2を試料5表面の照射部と照射部を含んだ該照射部よりも大きい領域に容易に導くことができ、試料5表面に付着した分解生成物の洗浄を容易に行なうことができる。

【0022】図2、3は本発明に係るレーザ加工方法およびその方法を達成するためのレーザ加工装置の第2実施例を示す図であり、請求項2、4、5何れかに対応している。なお、上記実施例と同様の構成には同一番号を付して説明を省略する。図2において、レーザ発振器1から出射されたレーザ光2はビームスプリッタ11によって一方が全反射ミラー12に透過照射され、他方が前反射ミラー13に反射される。全反射ミラー12に照射された一方のレーザ光2は縮小レンズ14で縮小されて有機物高分子材料を含んだ試料5上の照射部に反射され、この照射部の除去加工を行なう。また、全反射ミラー13に反射された他方のレーザ光2は照射部を含んだ該領域よりも大きい領域に照射され、照射部の周囲に付着した生成物を試料5から除去する。また、ビームスプリッタ11と全反射ミラー13の間にはシャッター15が介装されており、このシャッター15は図示しないアクチュエータによってビームスプリッタ11と全反射ミラー13の間の光路を解放、遮断するようになっている。

【0023】本実施例では、レーザ発振器1、ビームスプリッタ11、全反射ミラー12、縮小レンズ14がレーザ照射手段16を構成し、レーザ発振器1、ビームスプリッタ11、全反射ミラー13が副レーザ照射手段17を構成している。また、照射部よりも大きい領域に照射されるレーザ光2はビームスプリッタ11で強度が調整されて照射部に照射されるものよりも強度が小さくなるように調整されるようになっており、ビームスプリッタ11は副レーザ照

射手段16のレーザ光強度を調節する調節手段を構成している。また、上述したビームスプリッタ11、全反射ミラー12、全反射ミラー13、縮小レンズ14が投影手段18を構成している。

【0024】このように構成される本実施例では、レーザ発振器1から出射される一方のレーザ光2を縮小レンズ14に縮小して照射部に照射することにより試料5の表面がアブレーション加工されるとともに、レーザ発振器1から出射される他方のレーザ光2をビームスプリッタ11によって上記レーザ光の強度よりも小さく、かつ、全反射ミラー13によってそのままの光路面積で照射部を含んだ該領域よりも大きい領域に照射しているので、照射部の周囲の付着生成物を容易に除去することができる。また、ビームスプリッタ11と全反射ミラー13の間にシャッター15を介装しているため、レーザ発振器1から照射部よりも大領域部分にレーザ光2を照射する必要がない場合はシャッター15を閉じ、照射する必要がある場合にはシャッター15を解放することにより、照射数を調整して付着生成物を適宜除去することができる。

【0025】このように本実施例では、試料5の所定表面領域にレーザ光2を照射するとともに、照射部よりも大きい領域に対してレーザ光2を同時に照射しているため、上記第1実施例と同様の効果を得ることができる上に、照射部を除去加工している最中に試料5の表面の洗浄することができるので、試料5の表面の加工時間を大幅に短縮することができる。

【0026】また、副レーザ照射手段17のレーザ光2の強度をレーザ照射手段16のレーザ光2の強度よりも小さくしているので、照射部の加工用のレーザ光2と試料5表面との結合力が弱い付着生成物を試料5表面から除去するためのレーザ光2を区別することができ、照射部を必要以上に除去するのを防止しつつ付着した分解生成物を効率良く除去することができる。

【0027】また、レーザ発振器1をエキシマレーザから構成するとともに、該エキシマレーザから照射されるレーザ光2を照射部と照射部を含んだ該照射部よりも大きい領域に投影する投影手段18を設けているため、レーザ光2を試料5表面の照射部と照射部を含んだ該照射部よりも大きい領域に容易に導くことができ、試料5表面に付着した分解生成物の洗浄を容易に行なうことができる。

【0028】なお、本実施例では、照射部を含んだ該領域よりも大きい領域に全反射ミラー13で斜方照射しているが、この斜方照射が加工精度に影響を与えるような場合には、図3に示すような同軸照射をしても良い。図3において、レーザ発振器1から出射されたレーザ光2はビームスプリッタ11によって一方が全反射ミラー12に透過照射され、他方がビームスプリッタ21に反射される。全反射ミラー12に照射された一方のレーザ光2は全反射ミラー22で反射された後、縮小レンズ23で縮小された

後、ビームスプリッタ21で反射されて有機物高分子材料を含んだ試料5上の照射部に反射され、この照射部の除去加工を行なう。

【0029】また、ビームスプリッタ11に反射された他方のレーザ光2はこのビームスプリッタ21を透過して照射部を含んだ該領域よりも大きい領域に照射され、照射部の周囲に付着した生成物を試料5から除去する。また、ビームスプリッタ11とビームスプリッタ21の間にはシャッター24が介装されており、このシャッター24は図示しないアクチュエータによってビームスプリッタ11と

ビームスプリッタ21の間の光路を解放、遮断するようになっている。

【0030】本実施例では、レーザ発振器1、ビームスプリッタ11、21、全反射ミラー12、22、および縮小レンズ23がレーザ照射手段25を構成し、レーザ発振器1、ビームスプリッタ11、21が副レーザ照射手段26を構成している。ビームスプリッタ11、21、全反射ミラー12、22、および縮小レンズ23が投影手段27を構成している。また、ビームスプリッタ11、21により他方のレーザ光2の強度が調整されるようになっており、このビームスプリ

ッタ11、21は調節手段を構成している。

【0031】このように構成される本実施例では、レーザ発振器1から出射される一方のレーザ光2を縮小レンズ14で縮小した後、ビームスプリッタ21で反射させて照射部に照射することにより試料5の表面がアブレーション加工されるとともに、レーザ発振器1から出射される他方のレーザ光2をビームスプリッタ11、21によって上記レーザ光の強度よりも小さくして上記レーザ光と同軸的に照射部を含んだ該領域よりも大きい領域に照射している

ので、照射部の周囲の付着生成物を容易に除去することができる。また、ビームスプリッタ11とビームスプリッタ21の間にシャッター24を介装しているため、レーザ発振器1から照射部よりも大領域部分にレーザ光2を照射する必要がない場合はシャッター15を閉じ、照射する必要がある場合にはシャッター15を解放することにより、照射数を調整して付着生成物を適宜除去することができる。

【0032】図4、5は本発明に係るレーザ加工方法およびその方法を達成するためのレーザ加工装置の第2実施例を示す図であり、請求項1または3に対応している。図4において、31はエキシマレーザからなるレーザ発振器であり、このレーザ発振器31とXYZステージ32に載置された有機物高分子材料を含んだ試料33の間にはホモジナイザ34、マスク35、全反射ミラー36、レンズ37が介装される。マスク35は図5(a)に示すように、小さなスリットが形成されたマスク35Aと大きい開口部が形成されたマスク35Bが適宜選択して用いられる。

【0033】本実施例では、レーザ発振器31、マスク35A、全反射ミラー36、レンズ37がレーザ照射手段39を構成し、レーザ発振器31、マスク35B、全反射ミラー36、

レンズ37が副レーザ照射手段40を構成している。また、マスク35A、35B、全反射ミラー36、レンズ37が投影手段41を構成している。このように構成される本実施例では、照射部のアブレーション加工時には、ホモジナイザ34を使用しないとともにもマスク35Aを使用することにより、レーザ発振器31からアブレーション加工閾値以上の強度で出射されたレーザ光38はマスク35Aによって光路面積が絞られた後、全反射ミラー36に反射され、次いで、レンズ37によって試料33の照射部に投影照射され、照射部がアブレーション加工される。

【0034】この加工が終了したとき、照射部の周囲に付着した生成物を除去する作業を行なうために、図4に示すように、ホモジナイザ34を使用するとともにマスク35Aを使用することにより、レーザ発振器31からアブレーション加工閾値以上の強度で出射されたレーザ光38はマスク35Bによって光路面積が拡大された後、全反射ミラー36に反射され、次いで、レンズ37によって照射部よりも大きい領域に投影照射され、この領域に付着した生成物が除去される。なお、レーザ発振器31から出射されるレーザ光は上述したように数回以上である。また、この除去作業の際には、ホモジナイザ34を用いることにより、平坦な表面形状を得ることができる。

【0035】このように本実施例にもあっても、照射部近傍に付着して試料33表面との結合力が弱い付着生成物を試料33表面から簡単に除去することができ、上記各実施例と同様の効果を得ることができる。

【0036】

【発明の効果】請求項1記載の発明によれば、照射部近傍に付着して試料表面との結合力が弱い付着した分解生成物を試料表面から簡単に雰囲気ガス内に拡散させて試料の表面を洗浄することができる。この結果、複雑な工程を要せずに試料表面に生成する付着物の低減を図ることができる。

【0037】請求項2記載の発明によれば、照射部近傍に付着して試料表面との結合力が弱い付着した分解生成物を試料表面から簡単に雰囲気ガス内に拡散させて試料の表面を洗浄することができる。この結果、複雑な工程を要せずに試料表面に生成する付着物の低減を図ることができる。また、試料の所定表面領域を除去加工している最中に試料の表面の洗浄を行なうことができるので、試料表面の加工時間を大幅に短縮することができる。

【0038】請求項3記載の発明によれば、試料の所定表面領域と所定表面領域を含んだ該領域よりも大きい領域にレーザ光を照射させることができ、照射部近傍に付着して試料表面との結合力が弱い分解生成物を試料表面から簡単に雰囲気ガス内に拡散させて試料の表面を洗浄することができる。この結果、複雑な工程を要せずに試料表面に生成する付着物の低減を図ることができる。

【0039】請求項4記載の発明によれば、請求項3記載の発明の効果に加えて、副レーザ照射手段のレーザ光

の強度をレーザー照射手段のレーザー光の強度よりも小さくすれば、所定表面領域の加工用のレーザー光と試料表面との結合力が弱い付着した分解生成物を試料表面から除去するためのレーザー光を区別することができ、所定表面領域を必要以上に除去するのを防止しつつ付着した分解生成物を効率良く除去することができる。

【0040】請求項5記載の発明によれば、レーザー光を試料表面の所定表面領域と所定表面領域を含んだ該領域よりも大きい領域に容易に導びくことができ、試料表面の付着した分解生成物の洗浄を容易に行なうことができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るレーザー加工方法を達成するためのレーザー加工装置の第1実施例を示す図である。

【図2】本発明に係るレーザー加工方法を達成するためのレーザー加工装置の第2実施例を示す図である。

\*

\*【図3】第2実施例の他の態様のレーザー加工装置を示す図である。

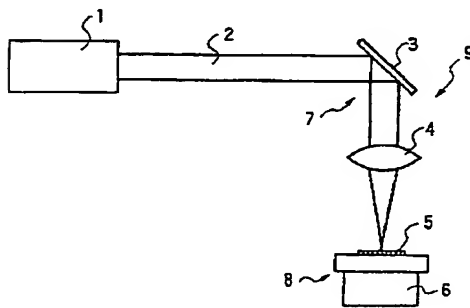
【図4】本発明に係るレーザー加工方法を達成するためのレーザー加工装置の第3実施例を示す図である。

【図5】(a)は第3実施例の照射部のアブレーション加工用のマスクを示す図、(b)は照射部の周囲に付着した生成物を除去するために使用されるマスクを示す図である。

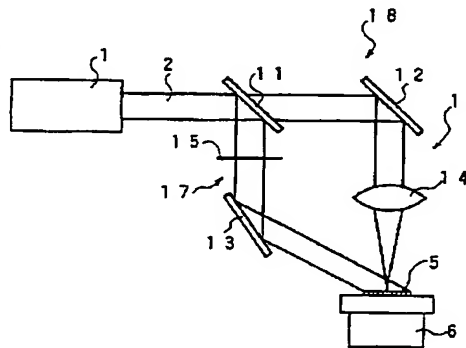
#### 【符号の説明】

- 1、31 レーザ発振器（エキシマレーザー）
- 2、38 レーザ光
- 7、16、25、39 レーザ照射手段
- 8、17、26、40 副レーザー照射手段
- 9、18、27、41 投影手段
- 11、21 ビームスプリッタ（調節手段）

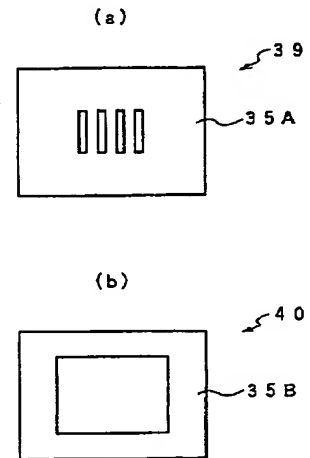
【図1】



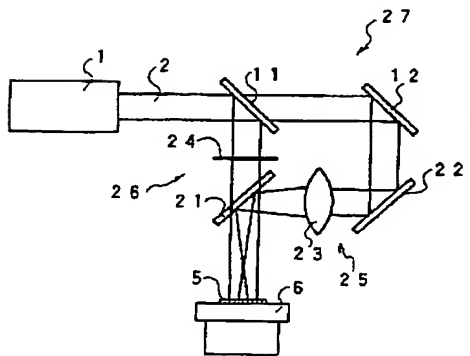
【図2】



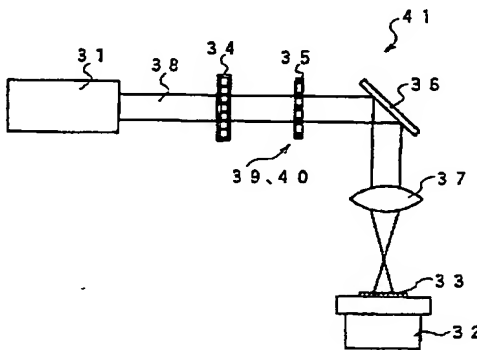
【図5】



【図3】



【図4】



# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-029465

(43)Date of publication of application : 04.02.1997

(51)Int.Cl. B23K 26/00  
B23K 26/08  
B23K 26/12  
B23K 26/14  
B23K 26/16  
// B23K 37/00

(21)Application number : 07-185131

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 21.07.1995

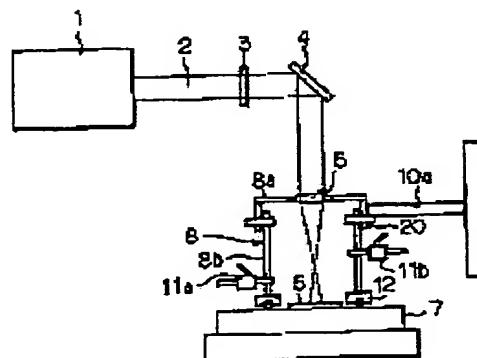
(72)Inventor : YAMADA YASUSHI

## (54) LASER BEAM MACHINE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To simply mount/demount an object to be machined and to prevent the machining precision of the object to be machined from lowering by providing in a laser beam path a container whose one end part is opened facing a moving stage and whose other end is closed.

**SOLUTION:** An object to be machined 6 is fixed to an XYZ stage 7 and the XYZ stage 7 is moved under a container 8. Successively, by descending a side wall part 8b toward the XYZ stage 7 with a moving part 20, the lower end part of a side wall part 8b is abutted thereon through an O ring 12. After the inside of a container 8 is evacuated to a vacuum state through vacuum valves 11a, 11b, a laser beam 2 having an intensity of an abrasion threshold value irradiates from a laser oscillator 1 toward the object to be machined 6. When abrasion machining is completed, the inside of the container 8 is gradually returned to the atmospheric pressure by opening the vacuum valve 11a, 11b, the side wall part 8b is moved upward by the moving part 20, and after the side wall part 8b is separated from the XYZ stage 7, the object to be machined 7 is taken out from the XYZ stage 7.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

**BEST AVAILABLE COPY**

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-29465

(43)公開日 平成9年(1997)2月4日

(51)IntCl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所	
B 2 3 K	26/00		B 2 3 K	26/00	A
	26/08			26/08	H
	26/12			26/12	
	26/14			26/14	A
	26/16			26/16	
審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 8 頁)					最終頁に続く

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平7-185131

(22)出願日 平成7年(1995)7月21日

(71)出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72)発明者 山田 ▲泰▼史

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式  
会社リコー内

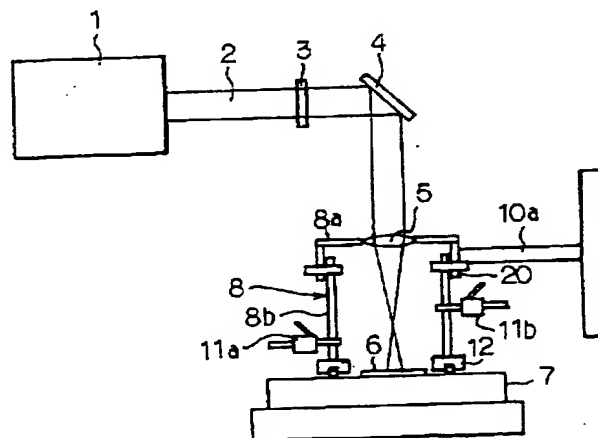
(74)代理人 弁理士 有我 軍一郎

(54)【発明の名称】 レーザ加工装置

(57)【要約】

【課題】 本発明は、容器に対して被加工物を簡単に取付け・取り外しすることができるとともに、取付け後に簡単に容器内を加工雰囲気調整することができ、さらに、光学系と窓材の高度な位置決め作業を不要にできるとともに窓材の汚れによるレーザー光強度の低下を抑制して被加工物の加工精度が低下するのを防止することができるレーザー加工装置を提供するものである。

【解決手段】 レーザ光路中に、上端部がXYZステージ7に対向して開口するとともに底部が閉塞する容器8を設け、該容器8に、その上端部に設けられた縮小レンズ5と、底部に設けられたリング12と、該容器8の側壁部8bをXYZステージ7に対して当接、離隔させるよう移動させる可動部20aと、容器8内部を減圧状態に設定する真空バルブ11a、11bと、を設けている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】可動ステージに載置された有機物からなる被加工物に、レーザ発振器からレーザ光を照射することにより該被加工物の表面の除去加工を行なうレーザ加工装置であって、

レーザ光路中に、一端部が可動ステージに対向して開口するとともに他端部が閉塞する容器を設け、該容器は、他端部に設けられレーザ発振器から被加工物にレーザ光を透過して照射する光学系と、一端部に設けられた密閉手段と、該容器を可動ステージに対して当接、離隔させるよう移動させる移動手段と、容器内部を所定の雰囲気状態に設定する設定手段と、を有し、前記移動手段によって容器が可動ステージに当接されたとき、容器内が密閉手段によって密閉されるとともに、容器内が所定の雰囲気状態に設定されることを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項 2】前記設定手段が、容器内を減圧する減圧手段からなることを特徴とする請求項 1 記載のレーザ加工装置。

【請求項 3】前記設定手段が、容器内にヘリウムを供給するとともに該容器から排気されたヘリウムを再度容器内に供給するヘリウム循環供給手段と、容器から排気されるヘリウムを除塵する除塵手段と、からなることを特徴とする請求項 1 記載のレーザ加工装置。

【請求項 4】前記設定手段が、容器内に酸素あるいは反応性酸化物を供給する供給手段からなることを特徴とする請求項 1 記載のレーザ加工装置。

【請求項 5】前記光学系に向かってガスを吹き付ける吹き付け手段を有することを特徴とする請求項 1 記載のレーザ加工装置。

【請求項 6】前記容器内の被加工物に向かってガスを吹き付ける吹き付け手段を有することを特徴とする請求項 1 記載のレーザ加工装置。

【請求項 7】前記容器の一部がベローズから構成されることを特徴とする請求項 1～6 何れかに記載のレーザ加工装置。

【請求項 8】前記可動ステージと移動手段を駆動制御する制御手段を設け、該制御手段は、少なくとも容器内にガスが供給される直前に容器を可動ステージに当接させるように可動ステージおよび移動手段を駆動制御することを特徴とする請求項 1～7 何れかに記載のレーザ加工装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、レーザ光を用いて被加工物の表面の除去加工を行なうレーザ加工装置に関し、特に、被加工物表面のレーザ照射部周辺に発生する付着物の低減を図ることができるレーザ加工装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】一般に、レーザ光によって有機物高分子からなる被加工物の表面を除去するアブレーション加工にあつては、被加工物にアブレーション閾値以上の強度を有するレーザ光を照射することにより、被加工物の表面から物質を飛び出させるようにしている。

【0003】ところで、このアブレーション加工では、被加工物表面のレーザ光照射部近傍には、被加工物の表面から飛び出した分解生成物が付着するため、この付着物の低減化を図る必要がある。従来のこの種の分解生成物の除去方法としては、真空槽内に被加工物を置いて真空槽内を減圧して真空状態にし、この状態で被加工物の表面にレーザ光を照射することによって照射部の周囲に分解生成物が付着するのを防止したり、大気圧下でチューブやノズル等から被加工物表面にガスを吹き付けたり、あるいは吸引したりすることによって分解生成物を被加工物表面から取り除いている（このような従来例としては、例えば、特開平 3-129886 号公報、特開平 4-362171 号公報、特開平 6-684 号公報参照）。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような従来の真空槽による付着物の除去方法にあつては、通常、大面積加工を行なう際には、被加工物は可動ステージに固定された状態で真空槽に取付けられ、レーザ発振器および光学系に対して被加工物の位置決めがなされるようになっているが、この際には、真空槽内を被加工物の雰囲気状態に設定するために真空槽に設けられた小さな開口（開口が大きいと真空槽内を真空状態にしない）から被加工物を真空槽内に取付け・取り外しするための特殊なステージが必要となつてしまい、真空槽に被加工物を取付け・取り外しする際の作業が非常に面倒なものとなつてしまった。

【0005】また、真空槽に被加工物を収納した状態でステージによって真空槽全体を移動させてレーザ発振器および光学系に対して位置決めする場合には、大きな真空槽が必要になってしまうとともに、レーザ光の照射用の大きな窓材を真空槽に設けなくてはならないため、真空槽が大型化してしまうとともに、被加工物から飛出した分解生成物が真空槽の窓材に付着してレーザ光の照射強度を弱めて加工精度を悪化させてしまったり、窓材と光学系を高度にな位置決めする作業が必要となつてしまうという問題が発生してしまつた。

【0006】また、大気圧下でチューブやノズル等から被加工物表面にガスを吹き付けたり、あるいは吸引するものにあつては、被加工物近傍に定常的なガス流れを発生させるための配管が必要となつてしまうとともに、真空槽内での真空加工に比べると付着物を低減させ難いという問題があつた。また、付着物を除去し易くするためには、大量のガスを必要として大容量のポンプが必要となつてコスト高を招来させてしまうという不具合が発生



してしまった。

【0007】本発明は、従来のような大容量の容器や特別な真空対応ステージあるいは大容量のポンプ等を設けることなく、被加工物から除去された分解生成物が被加工物に付着するのを抑制することができるレーザ加工装置を提供することを前提としており、以下、各請求項毎のその目的を説明する。請求項1記載の発明は、容器に対して被加工物を簡単に取付け・取り外しすることができるとともに、取付け後に簡単に容器内を加工雰囲気調整することができ、さらに、従来のような窓材を不要にして、光学系と窓材の高度な位置決め作業を不要にできるとともに窓材の汚れによるレーザ光強度の低下を抑制して被加工物の加工精度が低下するのを防止することができるレーザ加工装置を提供することを目的としている。

【0008】請求項2記載の発明は、請求項1記載の発明の目的に加えて、容器内を減圧して照射部から飛散した分解生成物を照射部から離れた位置に飛ばすことができるようにして付着物を容易に低減させることができるレーザ加工装置を提供することを目的としている。請求項3記載の発明は、請求項1記載の発明の目的に加えて、付着物をヘリウムによって容易に低減させることができるとともに、ヘリウムを除塵しながら循環させることによりヘリウムの損失を低減して新規なヘリウムの使用量を低減することができるレーザ加工装置を提供することを目的としている。

【0009】請求項4記載の発明は、請求項1記載の発明の目的に加えて、酸素あるいは反応性酸化物の雰囲気下で付着物を容易に低減することができるレーザ加工装置を提供することを目的としている。請求項5記載の発明は、請求項1記載の発明の目的に加えて、被加工物から除去された分解生成物が光学系に付着するのを確実に防止することができるとともに光学系を洗浄するようにして、光学系が汚れてレーザ光の強度が低下することによって被加工物の加工精度が低下するのを防止することができるレーザ加工装置を提供することを目的としている。

【0010】請求項6記載の発明は、請求項1記載の発明の目的に加えて、被加工物に直接ガスを吹き付けるようにして、被加工物から除去された分解生成物が被加工物に付着するのを確実に防止することができるレーザ加工装置を提供することを目的としている。請求項7記載の発明は、請求項1記載の発明の目的に加えて、容器内を加工雰囲気にしたままの状態でも可動ステージを可動させるようにして、被加工物表面の複数箇所をアブレーション加工する際に、容器内を再度加工雰囲気に設定する作業を不要にして、加工時間を大幅に短縮することができるレーザ加工装置を提供することを目的としている。

【0011】請求項8記載の発明は、容器内にガスが供給される直前に容器を可動ステージに当接させるように

可動ステージおよび移動手段を駆動制御するようにして、アブレーション加工時に容器内を自動的に所定の雰囲気下に設定することができ、加工作業の自動化および効率化を図ることができるレーザ加工装置を提供することを目的としている。

【0012】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明は、上記課題を解決するために、可動ステージに載置された有機物からなる被加工物に、レーザ発振器からレーザ光を照射することにより該被加工物の表面の除去加工を行なうレーザ加工装置であって、レーザ光路中に、一端部が可動ステージに対向して開口するとともに他端部が閉塞する容器を設け、該容器は、他端部に設けられレーザ発振器から被加工物にレーザ光を透過して照射する光学系と、一端部に設けられた密閉手段と、該容器を可動ステージに対して当接、離隔させるよう移動させる移動手段と、容器内部を所定の雰囲気状態に設定する設定手段と、を有し、前記移動手段によって容器が可動ステージに当接されたとき、容器内が密閉手段によって密閉されるとともに、容器内が所定の雰囲気状態に設定されることを特徴とするものである。

【0013】その場合、可動ステージに対して容器が離隔されたときに、可動ステージに対して被加工物が簡単に取付け、取り外しされる。また、被加工物の加工時には、可動ステージに対して容器を当接させて可動ステージに密閉手段を当接させることによって容器内が密閉され、この状態で容器内が加工雰囲気に容易に設定される。

【0014】また、容器に直接光学系が設けられるので、従来のような窓材が不要になる。このため、窓材と光学系の位置決めをする必要がなく、光学系を被加工物に対して位置決めするのみで良く、位置決め作業の作業性が大幅に向上する。また、窓材が不要になるので、窓材の汚れによってレーザ光強度が低下することがなく、被加工物の加工精度が低下することがない。

【0015】請求項2記載の発明は、上記課題を解決するために、請求項1記載の発明において、前記設定手段が、容器内を減圧する減圧手段からなることを特徴としている。その場合、容器内が減圧されるので、請求項1記載の発明の作用に加えて、レーザ光によって照射部から飛散した分解生成物が照射部近傍から離れた位置に飛散され、付着物が容易に低減される。

【0016】請求項3記載の発明は、上記課題を解決するために、請求項1記載の発明において、前記設定手段が、容器内にヘリウムを供給するとともに該容器から排気されたヘリウムを再度容器内に供給するヘリウム循環供給手段と、容器から排気されるヘリウムを除塵する除塵手段と、からなることを特徴としている。その場合、請求項1記載の発明の作用に加えて、容器内にヘリウムが供給されることによって、付着物がヘリウムに衝突し

て照射部から飛散され、付着物が容易に低減される。また、容器から排気されたヘリウムが除塵されて再度容器内に循環供給されるので、ヘリウムの損失が低減されて新規なヘリウムの使用量が低減される。

【0017】請求項4記載の発明は、上記課題を解決するために、請求項1記載の発明において、前記設定手段が、容器内に酸素あるいは反応性酸化物を供給する供給手段からなることを特徴とするものである。その場合、飛散した有機物の分解生成物が酸素-炭素結合されたり、あるいは炭素-窒素結合されて2酸化炭素あるいは2酸化窒素となり、付着物の低減化が図れる。

【0018】請求項5記載の発明は、上記課題を解決するために、請求項1記載の発明において、前記光学系に向かってガスを吹き付ける吹き付け手段を有することを特徴とするものである。その場合、アブレーション加工中に光学系に向かってガスが吹き付けられるので、請求項1記載の発明の作用に加えて、被加工物から除去された分解生成物が光学系に付着することが確実に防止されるとともに、光学系がガスによって洗浄され、光学系が汚れてレーザー光の強度が低下することがなく、被加工物の加工精度が低下することが防止される。

【0019】請求項6記載の発明は、上記課題を解決するために、請求項1記載の発明において、前記容器内の被加工物に向かってガスを吹き付ける吹き付け手段を有することを特徴とするものである。その場合、請求項1記載の発明の作用に加えて、被加工物から飛散した分解生成物が被加工物の照射部近傍に付着されることが確実に防止される。

【0020】請求項7記載の発明は、上記課題を解決するために、請求項1～6何れかに記載の発明において、前記容器の一部がベローズから構成されることを特徴とするものである。その場合、請求項1～6何れかに記載の発明の作用に加えて、容器が可動ステージに対して変形可能になる。したがって、被加工物表面の複数箇所がアブレーション加工される際に、容器内を加工雰囲気にしたままの状態でも可動ステージを可動して異なる表面のアブレーション加工が行なわれる。この結果、容器内を再度加工雰囲気に設定する作業が不要になり、加工時間が大幅に短縮される。

【0021】請求項8記載の発明は、上記課題を解決するために、請求項1～7何れかに記載の発明において、前記可動ステージと移動手段を駆動制御する制御手段を設け、該制御手段は、少なくとも容器内にガスが供給される直前に容器を可動ステージに当接させるように可動ステージおよび移動手段を駆動制御することを特徴とするものである。

【0022】その場合、請求項1～7何れかに記載の発明の作用に加えて、アブレーション加工時に容器内が自動的に所定の雰囲気下に設定され、加工作業の自動化および効率化が図られる。

#### 【0023】

【発明の実施の形態】以下、本発明を実施例に基づいて説明する。図1は本発明に係るレーザー加工装置の第1実施例を示す図であり、請求項1または2に対応している。まず、構成を説明する。図1において、1はエキシマレーザを発振するレーザ発振器であり、このレーザ発振器1から出射されたレーザー光2は、マスク3を通して全反射ミラー4によって全反射され、縮小レンズ（光学系）5で縮小されてポリイミド等の有機物高分子材料からなる被加工物6上に投影照射される。この被加工物6は3次元方向に移動可能な可動ステージであるXYZステージ7に固定されている。

【0024】一方、レーザー光2の光路中には金属からなる容器8が設けられており、この容器8は上端部（他端部）に設けられた閉塞部8aおよび閉塞部8aに連結しXYZステージ7に対向して開口する底部（一端部）を有する側壁部8bに分割され、閉塞部8aには縮小レンズ5が設けられている。また、閉塞部8aは支持体10aに取付けられて固定されており、この閉塞部8aと側壁部8bの間に可動部（移動手段）20が設けられ、この可動部20によって側壁部8bは閉塞部8aに対してレーザー光2の光軸方向に移動してXYZステージ7に当接、離隔するようになっている。なお、この可動部20は閉塞部8aと側壁部8bを図示しないシールリングに介して連結することで側壁部8bを閉塞部8aに介して移動させるようにし、容器内8を密閉可能にしている。

【0025】また、側壁部8bには設定手段および減圧手段としての真空バルブ11a、11bが設けられており、この真空バルブ11a、11bは図示しない真空圧源に接続され、真空圧源によって容器8内を減圧するようになっている。また、側壁部8bの下端部には密閉手段としてのOリング12が設けられており、可動部20によって側壁部8bがXYZステージ7に当接されたとき、側壁部8bの底部はOリング12を介してXYZステージ7に当接されることにより容器8内は密閉される。

【0026】次に、作用を説明する。まず、XYZステージ7に被加工物6を固定した後、このXYZステージ7を容器8の下方に移動させる。このとき、XYZステージ7を操作して縮小レンズ5と被加工物6の加工位置を位置決めする。次いで、可動部20によって側壁部8bをXYZステージ7に向かって下降させ側壁部8bの下端部をOリング12を介して当接させる。

【0027】次いで、真空バルブ11a、11bを通して容器8内を減圧して真空状態した後、レーザ発振器1から被加工物6に向かってアブレーション閾値以上の強度を有するレーザー光2を照射する。なお、この強度はレーザー波長、パルス幅等で異なるが、本実施例では、248nm、KrFエキシマレーザで40mJ／パルスに設定される。

【0028】このレーザー光2は、マスク3を通して全反

7

射ミラー 4 によって全反射され、縮小レンズ 5 で縮小されて被加工物 6 上に投影照射されることにより、被加工物 6 がアブレーション加工される。この加工中、レーザー光 2 が照射される照射部の分子が瞬時に結合が解かれて爆発的に飛散して照射部近傍に付着し易い。本実施例では、容器 8 内が真空減圧されているため、飛散する分解生成物が照射部から離れた位置に飛ばされて照射部に付着することがない。

【0029】アブレーション加工が終了すると、真空バルブ 11a、11b によって容器 8 内を徐々に大気圧に戻した後、可動部 20 によって側壁部 8b を上方に移動させることにより側壁部 8b を XYZ ステージ 7 から離隔させた後、XYZ ステージ 7 から被加工物 7 を取り出す。このように本実施例では、レーザー光路中に、底部が XYZ ステージ 7 に対向して開口するとともに上端部が閉塞する容器 8 を設け、該容器 8 に、その上端部に設けられレーザー発振器 1 から被加工物にレーザー光 2 を透過して照射する縮小レンズ 5 と、底部に設けられた O リング 12 と、該容器 8 の側壁部 8b を XYZ ステージ 7 に対して当接、離隔させるよう移動させる可動部 20 と、容器 8 内部を減圧状態に設定する真空バルブ 11a、11b と、を設け、可動部 20 によって側壁部 8b を XYZ ステージ 7 に当接させたとき、容器 8 内を O リング 12 によって密閉するとともに、容器 8 内を減圧状態に設定しているため、従来のような大容量の容器や特別な真空対応ステージあるいは大容量のポンプ等を設けるのを不要にして、アブレーション加工を行なうことができ、以下のような効果を得ることができる。

① XYZ ステージ 7 に対して側壁部 8b が離隔したときに、XYZ ステージ 7 に対して被加工物 6 を簡単に取付

けたり、取り外すことができる。  
② 被加工物 6 の加工時には、XYZ ステージ 7 に対して側壁部 8b を当接させて XYZ ステージ 7 に O リング 12 を当接させることによって容器 8 内を密閉してこの状態で容器 8 内を減圧することにより、容器 8 内を簡単に減圧雰囲気調整することができ、分解生成物を照射部から離れた位置に飛ばして付着物の低減化を図ることができる。

③ 容器 8 に直接縮小レンズ 5 を設けているので、従来のような窓材を不要にすることができる。このため、従来のように窓材と縮小レンズ 5 等の光学系を位置決めする必要がなく、縮小レンズ 5 を被加工物 7 に対して位置決めするのみで良く、位置決め作業の作業性を大幅に向上させることができる。

④ 窓材を不要にすることができるので、窓材の汚れによってレーザー光 2 の強度が低下するのを防止することができる。被加工物 6 の加工精度が低下するのを防止することができる。

【0030】なお、本実施例では、飛散した分解生成物が縮小レンズ 5 に付着するおそれがあるが、この縮小

8

レンズ 5 は容器 8 の上部に設けられ被加工物 6 から離れた距離にあるため、付着率は極めて少ないものである。図 2 は本発明に係るレーザー加工装置の第 2 実施例を示す図であり、請求項 3 または 4 記載の発明に対応している。なお、本実施例では、真空バルブの代えて容器にヘリウム、酸素あるいは反応性酸化物を供給する手段を設けたことを特徴としており、上記実施例と同一の構成には同一番号を付して説明を省略する。

【0031】図 2 において、縮小レンズ 5 が取付けられた容器 8 は上記実施例と同様な構成を有する図示しない支持体に固定され、可動部 20 によって XYZ ステージ 22 に当接、離隔されるようになっており、この容器 8 の側壁部 8b には供給バルブ 23 と排気バルブ 24 が設けられている。この供給バルブ 23 は配管 25 を介してポンペ 26 に接続されている。また、排気バルブ 24 は配管 27 を介して配管 25 に接続されており、配管 25 の途中にはモータ 28 が設けられている。また、配管 25 および配管 27 の接続部には切換バルブ 29 が設けられており、この切換バルブ 29 は第 1 切換位置にあるときにポンペ 26 からのガスを供給バルブ 23 に供給するとともに、第 2 切換位置にあるときに、ポンペ 26 と配管 25 の連通を遮断して配管 25 を配管 27 に接続するようになっている。

【0032】また、配管 25 の途中には除塵フィルター（除塵手段）30 が脱着可能になっており、この除塵フィルター 30 はヘリウムガスの供給時に配管 25 に取付けられるようになっている。次に、作用を説明する。ヘリウムの加工雰囲気中でアブレーション加工する際には、ヘリウムが封入されたポンペ 26 を取付けるとともに、配管 25 に除塵フィルター 30 を取付けた後、O リング 12 を介して容器 8 を XYZ ステージ 22 に当接して容器 8 内に密閉する。次いで、切換バルブ 29 を第 1 切換位置に切換えてポンペ 26 から配管 25 および供給バルブ 23 を介して容器 8 内にヘリウムを供給する。

【0033】そして、容器 8 内が加工雰囲気になった時点で切換バルブ 29 を第 2 切換位置に切換えると同時に、モータ 28 を駆動して容器 8 から排気バルブ 24 を通して配管 27 に排気されたヘリウムを配管 25 を通して除塵フィルター 30 で除塵しながら容器 8 内に循環供給することにより、レーザー発振器 1 から被加工物 6 にアブレーション閾値以上のレーザー光 2 を照射する。

【0034】このため、アブレーション加工中に被加工物 6 から飛散した分解生成物をヘリウムによって照射部から離れた位置に飛ばして照射部近傍に付着するのを防止することができる。また、容器 8 から排気されたヘリウムを除塵フィルター 30 で除塵して再度容器 8 に循環供給しているため、ヘリウムの損失を低減して新規なヘリウムの使用量を低減することができる。なお、本実施例では、供給バルブ 23、排気バルブ 24、配管 25、27、モータ 28、切換バルブ 29 がヘリウム循環供給手段および設定手段を構成している。

【0035】また、酸素あるいは反応性酸化物の加工雰囲気中でアブレーション加工する際には、酸素あるいは反応性酸化物が封入されたボンベ26を取付けるとともに、配管25から除塵フィルター30を取外した後、リング12を介して側壁部8bをXYZステージ22に当接して容器8内を密閉する。次いで、切換バルブ29を第1切換位置に切換えてボンベ26から配管25および供給バルブ23を介して容器8内に酸素あるいは反応性酸化物を供給した状態でレーザ発振器1から被加工物6にアブレーション閾値以上のレーザ光2を照射する。この際、酸素あるいは反応性酸化物の雰囲気下で付着物の除去が行なわれるので、飛散された有機物の分解生成物が酸素-炭素結合されたり、あるいは炭素-窒素結合されて2酸化炭素あるいは2酸化窒素となり、付着物の低減化を図ることができる。なお、本実施例では、供給バルブ23および配管27が供給手段および設定手段を構成している。

【0036】図3は本発明に係るレーザ加工装置の第3実施例を示す図であり、請求項5、6、8何れかに記載の発明に対応している。なお、上記第1実施例と同様の構成には同一番号を付して説明を省略する。図3において、縮小レンズ5が取付けられた容器8とXYZステージ42はそれぞれコントローラ（制御手段）43およびコントローラ（制御手段）44によって駆動制御されるようになっており、このコントローラ43、44はCPU等からなる制御部（制御手段）45によって制御されるようになっている。

【0037】また、容器8には縮小レンズ5に供給源から酸素、反応性酸化物あるいはヘリウム等のガスを吹き付ける吹き付け手段を構成する吹き付け管46および供給バルブ47が設けられているとともに、被加工物6に供給源から酸素、反応性酸化物あるいはヘリウム等のガスを吹き付ける吹き付け手段を構成する吹き付け管48および供給バルブ49が設けられている。

【0038】また、供給バルブ47、49は電磁バルブから構成されており、この開閉状態は制御部45に出力されるようになっている。また、制御部45は、例えば、アブレーション加工を行なう旨を指示する指示信号が入力され、供給バルブ47、49が閉状態になっている旨の信号が入力したときに、コントローラ43、44に信号を出力してコントローラ43、44によって側壁部8bをXYZステージ42に当接させるように可動部20とXYZステージ42を駆動する。

【0039】次に、作用を説明する。制御部45にアブレーション加工を行なう旨を指示する指示信号が入力され、供給バルブ47、49が閉状態になっている旨の信号が入力したときに、制御部45はコントローラ43、44に信号を出力してコントローラ43、44によって側壁部8bをXYZステージ42に当接させるように可動部20とXYZステージ42を駆動して側壁部8bの下端部がリング12を介してXYZステージ42に当接させ、供給バルブ47、49

が開かれた時点で制御部45からの指令によってコントローラ43、44の駆動を停止する。

【0040】そして、この状態でレーザ発振器1から被加工物6にアブレーション閾値以上のレーザ光2を照射する。この際、被加工物6から分解生成物が飛散するが、この分解生成物は吹き付け管48によって被加工物6に吹き付けられるガスによって照射部から離れた位置に飛ばされる。また、縮小レンズ5にも吹き付け管47によってガスが吹き付けられるので、分解生成物が縮小レンズ5に飛散することがないとともに、縮小レンズ6がガスによって洗浄される。

【0041】このように本実施例では、アブレーション加工中に吹き付け管46により被加工物6に向かってガスを吹き付けているため、被加工物6から除去された分解生成物が被加工物6の照射部近傍に付着されることを確実に防止することができる。また、アブレーション加工中に吹き付け管48により縮小レンズ5に向かってガスを吹き付けているため、被加工物6から除去された分解生成物が縮小レンズ6に付着するのを防止することができる。また、縮小レンズ6をガスによって洗浄することができ、縮小レンズ6が汚れてレーザ光2の強度が低下するのを防止して被加工物5の加工精度が低下するのを防止することができる。

【0042】また、少なくとも容器8内にガスが供給される直前に側壁部8bをXYZステージ42に当接させるようにXYZステージ42を駆動するコントローラ44および可動部20を駆動するコントローラ43を制御しているので、容器8内を自動的に所定の雰囲気下に設定することができ、加工作業の自動化および効率化を図ることができる。

【0043】図4は本発明に係るレーザ加工装置の第4実施例を示す図であり、請求項7に対応している。本実施例では、容器の側部にベローズを設けた例を示している。なお、本実施例では、第1実施例と同様の構成には同一番号を付して説明を省略する。本実施例では、支持体10aに取り付けられた容器61の側壁部61bの一部にはベローズ62が設けられており、側壁部61bはベローズ62によって可変されるようになっており、アブレーション加工時に、容器61が固定された状態でXYZステージ7を移動させることにより、容器61が変形されるようになっている。なお、本実施例では図4から明らかなように可動部20が設けられていない。

【0044】本実施例では、容器61がベローズ62によって可変されるようになっているため、各実施例の効果に加えて容器61をXYZステージ7に対して変形移動させることができる。このため、被加工物6表面の複数箇所をアブレーション加工する際に、容器61内を加工雰囲気にしたままの状態XYZステージ7を可動して異なる表面のアブレーション加工を行なうことができる。この結果、容器61内を再度加工雰囲気に設定する作業を不要

にして加工時間を大幅に短縮することができる。

【0045】なお、本実施例では、容器61にベローズ62を設けたものだけを示しているが、この容器61は詳細図示していないが、上記各実施例の設定手段や供給手段の何れかが設けられている。

【0046】

【発明の効果】請求項1記載の発明によれば、可動ステージに対して容器が離隔したときに、可動ステージに対して被加工物を簡単に取付けたり、取り外すことができる。また、被加工物の加工時には、可動ステージに対して容器を当接させて可動ステージに密閉手段を当接させることによって容器内を密閉することができ、この状態で容器内を加工雰囲気容易に設定することができる。

【0047】また、容器に直接光学系を設けているので、従来のような窓材を不要にすることができる。このため、窓材と光学系の位置決めをするのを不要にして光学系を被加工物に対して位置決めするだけで良く、位置決め作業の作業性を大幅に向上させることができる。さらに、窓材を不要にできるので、窓材の汚れによってレーザー光強度が低下するのを防止することができ、被加工物の加工精度が低下するのを防止することができる。

【0048】請求項2記載の発明によれば、請求項1記載の発明の効果に加えて、減圧状態でレーザー光によって照射部から飛散した分解生成物を照射部近傍から離れた位置に飛散させて、付着物を容易に低減することができる。請求項3記載の発明によれば、請求項1記載の発明の効果に加えて、付着物をヘリウムに衝突させ照射部から飛散させることができ、付着物を容易に低減することができる。また、容器から排気されたヘリウムを除塵して再度容器内に循環供給しているので、ヘリウムの損失を低減させることができ、新規なヘリウムの使用量を低減することができる。

【0049】請求項4記載の発明によれば、請求項1記載の発明の効果に加えて、酸素雰囲気下で飛散された有機物の分解生成物をが酸素-炭素結合させて2酸化酸素を生成して付着物の低減を図ることができ、あるいは反応性酸化物の雰囲気下で、炭素-窒素結合させて2酸化窒素を生成して付着物の低減化を図ることができる。請求項5記載の発明によれば、請求項1記載の発明の効果に加えて、被加工物から除去された分解生成物が光学系に付着するのを確実に防止することができるとともに、光学系をガスによって洗浄して光学系の汚れによってレーザー光の強度が低下するのを防止することができ、被加工物の加工精度が低下するのを防止することができる。

【0050】請求項6記載の発明によれば、請求項1記載の発明の効果に加えて、被加工物から除去された分解生成物が被加工物の照射部近傍に付着されるのを確実に

防止することができる。請求項7記載の発明によれば、請求項1～6何れかに記載の発明の効果に加えて、容器を可動ステージに対して変形移動させることができ、被加工物表面の複数箇所をアブレーション加工する際に、容器内を加工雰囲気にしたままの状態でも可動ステージを可動して異なる表面のアブレーション加工を行なうことができる。この結果、容器内を再度加工雰囲気を設定する作業を不要にでき、加工時間を大幅に短縮することができる。

【0051】請求項8記載の発明によれば、請求項1～7何れかに記載の発明の効果に加えて、アブレーション加工時に容器内を自動的に所定の雰囲気下に設定することができ、加工作業の自動化および効率化を図ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るレーザー加工装置の第1実施例を示す図である。

【図2】本発明に係るレーザー加工装置の第2実施例を示す図である。

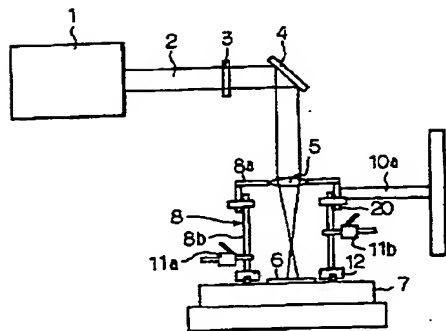
【図3】本発明に係るレーザー加工装置の第3実施例を示す図である。

【図4】本発明に係るレーザー加工装置の第4実施例を示す図である。

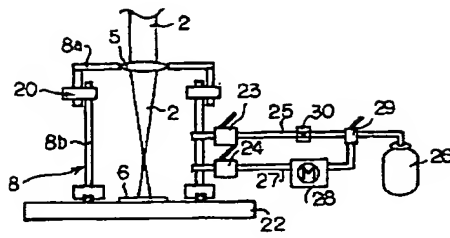
【符号の説明】

- 1 レーザ発振器
- 2 レーザ光
- 5 縮小レンズ（光学系）
- 6 被加工物
- 7、22、42 X Y Zステージ（可動ステージ）
- 8、61 容器
- 11a、11b 真空バルブ（設定手段、減圧手段）
- 12 Oリング（密閉手段）
- 20 可動部（移動手段）
- 23 供給バルブ（ヘリウム循環供給手段、供給手段）
- 24 排気バルブ（ヘリウム循環供給手段）
- 25 配管（ヘリウム循環供給手段、供給手段）
- 27 配管（ヘリウム循環供給手段）
- 28 モータ（ヘリウム循環供給手段）
- 29 切換バルブ（ヘリウム循環供給手段）
- 30 除塵フィルター（除塵手段）
- 43 コントローラ（制御手段）
- 44 コントローラ（制御手段）
- 45 制御部（制御手段）
- 46、48 吹き付け管（吹き付け手段）
- 47、49 供給バルブ（吹き付け手段）
- 62 ベローズ

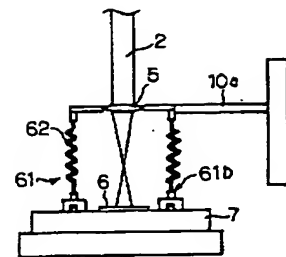
【図1】



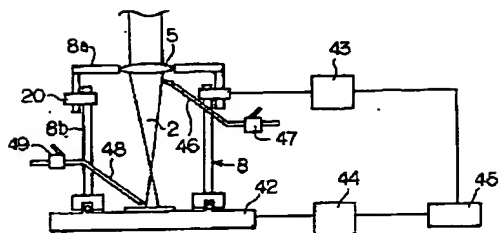
【図2】



【図4】



【図3】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>6</sup>  
// B 2 3 K 37/00

識別記号 庁内整理番号

F I  
B 2 3 K 37/00

技術表示箇所

A

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-269764

(43)Date of publication of application : 15.10.1996

(51)Int.Cl.

C25D 1/10  
// B23K 26/00

(21)Application number : 07-076747

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 31.03.1995

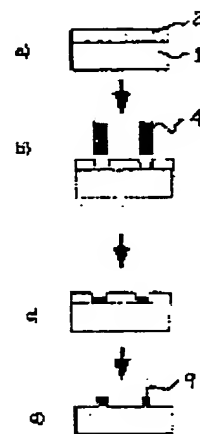
(72)Inventor : YAMADA YASUSHI

## (54) PRECISION ELECTROFORMING METHOD

## (57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a highly precise thick film as a high-strength structural material at the time of utilizing a photoresist as an electroforming mask by using a mask formed by projecting and removing a resist with a laser beam.

CONSTITUTION: A thick polymer film 2 is thermocompression-bonded or adhered onto a substrate 1. A laser beam 4 from an excimer laser device is shaped with a homogenizer lens, passed through a laser beam mask and projected on the substrate 1. The polymer film 2 on the substrate 1 is abraded off by the laser beam 4. Since the substrate 1 is placed on the X, Y and Z stages of a laser-beam machine, a wide pattern is coped with by scanning the stages. A laser mask is changed in machining in accordance with the pattern. After the pattern is formed, electroforming is conducted, and a high-precision and thick electroformed article 9 is obtained. A corrosion-resistant film is preferably formed at the same time that the mask is removed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-269764

(43)公開日 平成8年(1996)10月15日

(51)Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
C 2 5 D 1/10	3 1 1		C 2 5 D 1/10	3 1 1
// B 2 3 K 26/00			B 2 3 K 26/00	C

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 4 頁)

(21)出願番号 特願平7-76747

(22)出願日 平成7年(1995)3月31日

(71)出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72)発明者 山田 ▲泰▼史

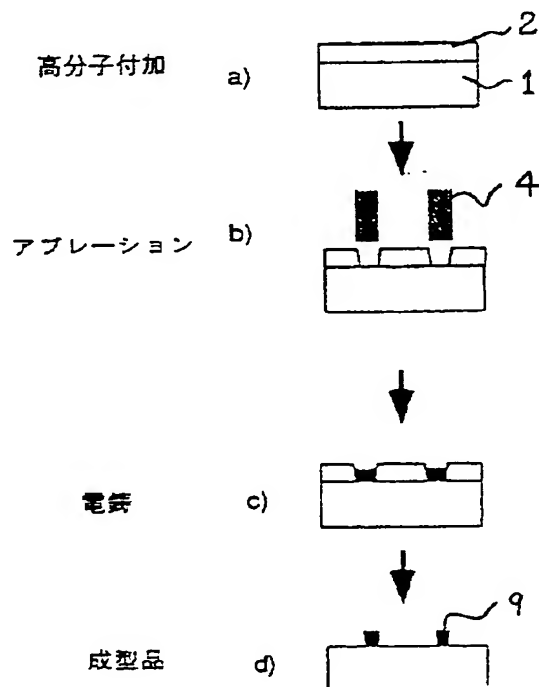
東京都大田区中馬込1丁目3番6号株式会  
社リコー内

(54)【発明の名称】 精密電鍍方法

(57)【要約】

【目的】 高強度構造材料の厚膜、高精度膜を提供することを目的としている。

【構成】 レーザーによりレジストを投影除去加工した電鍍マスクを用いて電鍍を行なう方法とした。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 フォトリソグをマスクとして利用する精密電鍍方法において、レーザーによりレジストを投影除去加工した電鍍マスクを用いて電鍍を行なうことを特徴とする精密電鍍方法。

【請求項 2】 前記レーザーがエキシマレーザーであることを特徴とする請求項 1 項に記載の精密電鍍方法。

【請求項 3】 前記電鍍マスクがドライフィルムであることを特徴とする請求項 1 項に記載の精密電鍍方法。

【請求項 4】 前記電鍍マスクがアブレーション加工可能な高分子であることを特徴とする請求項 1 項に記載の精密電鍍方法。

【請求項 5】 前記アブレーション加工可能な高分子が P I (ポリイミド) であることを特徴とする請求項 4 項に記載の精密電鍍方法。

【請求項 6】 前記電鍍マスク加工時にエキシマレーザー照射パターンを変えることを特徴とする請求項 2 項に記載の精密電鍍方法。

【請求項 7】 前記エキシマレーザー照射過程の少なくとも一部に、斜入射過程を含むことを特徴とする請求項 2 項に記載の精密電鍍方法。

【請求項 8】 前記エキシマレーザーを集光し、電鍍用マスクを操作しながら除去加工を行なうことを特徴とする請求項 2 項に記載の精密電鍍方法。

【請求項 9】 前記電鍍用マスク除去をヤグ、チタンサファイヤレーザーを用いて行なうことを特徴とする請求項 1 項に記載の精密電鍍方法。

【請求項 10】 前記電鍍用マスク除去加工時に耐食膜形成を同時に行なうことを特徴とする請求項 1 項に記載の精密電鍍方法。

【請求項 11】 前記電鍍用マスクに耐食膜付加とその前後での除去加工を行なうことを特徴とする請求項 10 項に記載の精密電鍍方法。

【請求項 12】 耐摩耗性膜の作成過程を付加することを特徴とする請求項 10 項に記載の精密電鍍方法。

【請求項 13】 耐熱性膜の作成過程を付加することを特徴とする請求項 10 項に記載の精密電鍍方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、メタルマスク、クリーム半田印刷用マスク、エンコーダ、マイクロマシン等の精密機械部品用金属・合金構造材料等の加工方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 これまでの金属・合金等の構造材料の加工方法では、精度の高い加工を行なおうとする際に、フォトリソグを利用した精密電鍍方法を利用することが一般的であった。そして、この従来の電鍍方法では、フォトリソグを基板に塗布し、それを紫外線ランプなどで露光してパターンニングを行ない、これをマスクとして

電鍍を行なっていた。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、このような紫外線ランプによるフォトリソグの露光では、

(1) 露光の際の光の回り込みや、表面硬化層の影響などにより平坦で高精度な形状を得るのが困難である。

(2) テーパー量が大きくなってしまふ。(3) 露光工程を経るため 100 μm を越えるような厚膜の加工が非常に困難である。(4) 高精度の加工を得るためには、高価な高品位、光反応性樹脂をマスクとして用いなければならない。(5) 深さ方向の除去量を制御するのは、不可能である。(6) 加工精度に影響を与えるレジストの耐食性、強度、耐熱性を制御するのが困難である。というような問題点があった。

【0004】 本発明は上記のような問題点を解消するためになされたものであって、レーザーを用いて電鍍用マスクの除去加工を行なうことにより、高強度構造材料の厚膜、高精度膜を提供することを目的としている。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 この発明は上記の目的を達成するため、請求項 1 の精密電鍍方法では、フォトリソグをマスクとして利用する精密電鍍方法において、レーザーによりレジストを投影除去加工した電鍍マスクを用いて電鍍を行なうことを特徴とする精密電鍍方法を提案するものである。

【0006】 請求項 2 の精密電鍍方法では、さらに、レーザーがエキシマレーザーである構成を提案するものである。

【0007】 請求項 3 の精密電鍍方法では、さらに、電鍍マスクがドライフィルムである構成を提案するものである。

【0008】 請求項 4 の精密電鍍方法では、さらに、電鍍マスクがアブレーション加工可能な高分子である構成を提案するものである。

【0009】 請求項 5 の精密電鍍方法では、さらに、アブレーション加工可能な高分子が P I (ポリイミド) である構成を提案するものである。

【0010】 請求項 6 の精密電鍍方法では、さらに、電鍍マスク加工時にエキシマレーザー照射パターンを変える構成を提案するものである。

【0011】 請求項 7 の精密電鍍方法では、さらに、エキシマレーザー照射過程の少なくとも一部に、斜入射過程を含む構成を提案するものである。

【0012】 請求項 8 の精密電鍍方法では、さらに、エキシマレーザーを集光し、電鍍用マスクを操作しながら除去加工を行なう構成を提案するものである。

【0013】 請求項 9 の精密電鍍方法では、さらに、電鍍用マスク除去をヤグ、チタンサファイヤレーザーを用いて行なう構成を提案するものである。

【0014】 請求項 10 の精密電鍍方法では、さらに、

電鍍用マスク除去加工時に耐食膜形成を同時に行なう構成を提案するものである。

【0015】請求項11の精密電鍍方法では、さらに、電鍍用マスクに耐食膜付加とその前後での除去加工を行なう構成を提案するものである。

【0016】請求項12の精密電鍍方法では、さらに、耐摩耗性膜の作成過程を付加する構成を提案するものである。

【0017】請求項13の精密電鍍方法では、さらに、耐熱性膜の作成過程を付加する構成を提案するものである。

【0018】

【作用】この発明によれば、レーザーを用いて電鍍用マスクの除去加工を行なうことができる。

【0019】

【実施例】以下、本発明の実施例を添付図面を参照して説明する。

【0020】図1及び図2は、本発明の一実施例をあらわしており、図中、1は基板、2は厚膜高分子フィルム、3はエキシマレーザー装置、4はレーザー光、5はホモジェナイザーレンズ、6はレンズ、7はレーザーマスク、8はX・Y・Zステージ、9は金属構造物である。

【0021】まず、図1に記載されているように、基板1上に厚膜高分子フィルム2を熱圧着あるいは接着する。その後、図2に示すエキシマレーザー装置3から出力されたレーザー光4をホモジェナイザーレンズ5やレンズ6で整形し、レーザーマスク7を通して基板1上に投影する。マスクを通過したレーザー光4により基板1上の高分子フィルム2がアブレーション過程により除去される。

【0022】基板1は、X・Y・Zステージ8上におかれ、ステージ走査により広いパターンに対応する。パターンによっては加工中にX・Y・Zステージ8を走査するかレーザーマスク7を交換する。

【0023】このように、電鍍用マスクの除去にレーザー除去加工を用い、レーザー光により高分子からなるマスク材料をパターン転写あるいは描画することができる。

【0024】図3は、他の実施例をあらわしており、10は薄膜である。

【0025】図3の(c)～(f)に示すように、SiO<sub>2</sub>、SiCに代表される耐食、耐酸性膜、TiNに代表される耐摩耗性膜、TiCに代表される耐熱膜等をパターン上に作成し、更にレーザー加工を行なうことによりパターン部にのみ機能性膜を付加できる。

【0026】図4は、さらに他の実施例をあらわしており、マスク1～3を設けている。

【0027】図4ではマスクは3種類用意されており、3つのマスクを交換することにより図のような立体金属構造物9の形成も可能となる。

【0028】上述の各実施例によれば、精密電鍍用マスクの高精度、高アスペクト比の加工が可能となり、高品位のメタルマスク、クリーム半田印刷用マスク、精密歯車等の精密厚膜部品の形成が容易となる。更に三次元立体構造を有するようなマイクロマシン等の高精度な部品製作が可能となる。

【0029】

【発明の効果】請求項1の精密電鍍方法によれば、レーザーを用いて電鍍用マスクを除去（アブレーション）加工するので、高精度な加工ができ、平坦な壁形状が得られる。そしてこのマスクを利用して電鍍することにより、精度の高い構造材料を作成することができる。

【0030】請求項2の精密電鍍方法によれば、請求項1の精密電鍍方法において、エキシマレーザーを用いるので高精度な加工ができる。

【0031】請求項3の精密電鍍方法によれば、請求項1の精密電鍍方法において、フォトリソストでは難しい厚膜をドライフィルムで作成し、それを直接加工することにより、通常の電鍍方法では困難な100μm以上の構造材料を作成することが容易となる。

【0032】請求項4及び請求項5の精密電鍍方法によれば、請求項1の精密電鍍方法において、これまで感光性材料のみしか利用できなかったマスク材料の選択幅が広がり、より安価な材料を選択できる。

【0033】請求項6の精密電鍍方法によれば、請求項2の精密電鍍方法において、エキシマレーザーの照射パターンを変えることによりテーパ角の制御が出来、三次元構造の構造材も形成可能となる。

【0034】請求項7の精密電鍍方法によれば、請求項2の精密電鍍方法において、エキシマレーザー入射角を変えることにより、様々なアスペクト比の製品を作成することが可能となる。

【0035】請求項8の精密電鍍方法によれば、請求項2の精密電鍍方法において、エキシマレーザーを集光することによりエネルギーロスがなくなり、単純なパターンであれば、パターン形成速度が増す。

【0036】請求項9の精密電鍍方法によれば、請求項1の精密電鍍方法において、エキシマ以外の固体レーザーで除去、アブレーション加工を行なうことにより、安価でランニングコストの低い加工方法が得られる。

【0037】請求項10の精密電鍍方法によれば、請求項1の精密電鍍方法において、レーザー加工と薄膜形成を複合することにより、機能性膜をマスク部のみに形成することが可能となる。

【0038】請求項11、請求項12、請求項13の精密電鍍方法によれば、請求項10の精密電鍍方法において、耐食性、又は耐摩耗性、又は耐熱性の機能を有する高機能マスクを形成できる。そのパターンを利用して電鍍を行なうことにより、電鍍精度の向上、熱ゆがみの低減等が可能となる。また、これを母型とし、量産対応可能

となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例をあらわした概略構成図である。

【図2】本発明の一実施例をあらわした概略構成図である。

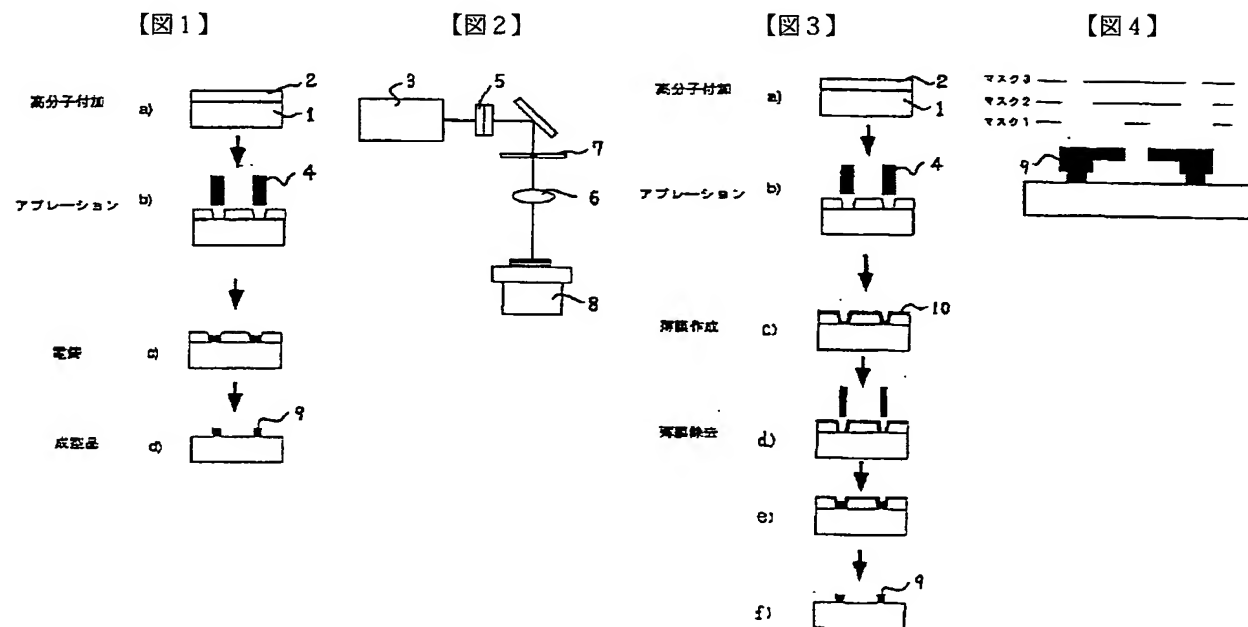
【図3】本発明の他の実施例をあらわした概略構成図である。

【図4】本発明のさらに他の実施例をあらわした概略構成図である。

\*【符号の説明】

- 1 基板
- 2 厚膜高分子フィルム
- 3 エキシマレーザー装置
- 4 レーザー光
- 5 ホモジナイザーレンズ
- 6 レンズ
- 7 レーザーマスク
- 8 X・Y・Zステージ

\*10



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-319221

(43)Date of publication of application : 04.12.1998

(51)Int.Cl.

G02B 5/18

B23K 26/00

(21)Application number : 09-139442

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 14.05.1997

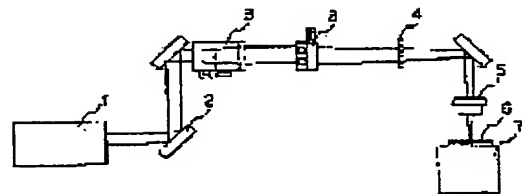
(72)Inventor : YAMADA YASUSHI

## (54) OPTICAL ELEMENT AND PRODUCTION THEREOF

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To manufacture a completely dried diffraction grating end optical element by a high speed processing by irradiating a polymeric material having a reflection film and processible with laser ablation with a beam of laser from a direction of the reflection film and making a diffraction grating form of the reflection film.

SOLUTION: A beam of laser oscillated from a laser device 1 is transmitted by being reflected by a total reflection mirror 2, etc., and is adjusted in the intensity and uniformed to be emitted onto a mask 4. An optical system is comprised of such a mechanism as an intensity distribution of the mask is fixed by a projection lens 5 and a processed piece 6 with a reflection film is fixed on a stage 7 adjustable in the direction of an optical axis, and a pattern is continuously formed by moving the stage 7, if necessary. And, a reflection film is added onto an ablative film. This film with the reflection film is irradiated with laser beam. A part of the irradiated laser beam transmits the reflection film and the polymeric material is irradiated the laser beam. Thus, this polymeric material is ablated and also the reflection film is removed, and a diffraction grating is formed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.06.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 08.02.2005

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

BEST AVAILABLE COPY

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-319221

(43)公開日 平成10年(1998)12月4日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

G 0 2 B 5/18

G 0 2 B 5/18

B 2 3 K 26/00

B 2 3 K 26/00

A

審査請求 未請求 請求項の数15 F D (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平9-139442

(22)出願日 平成9年(1997)5月14日

(71)出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72)発明者 山田 ▲泰▼史

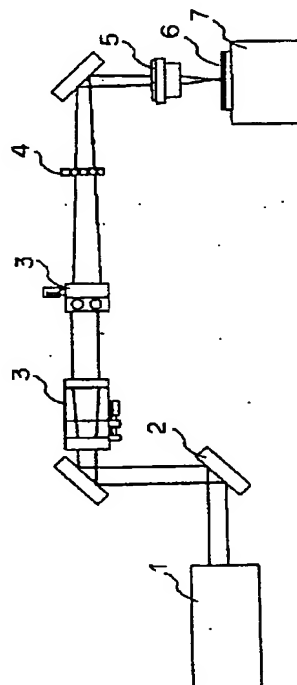
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式  
会社リコー内

(54)【発明の名称】 光学素子及び光学素子の製造方法

(57)【要約】

【課題】 完全ドライ化された回折格子や光学素子の高速加工製造方法及び上記製造法で作成された、溝形状を有する光学素子を提供する。

【解決手段】 格子形状のマスクの投影照射可能な光学系を有するレーザアブレーション加工部1～5によって、少なくとも一部に反射膜を有するレーザアブレーション加工可能な高分子材料からなる被加工材6に反射膜方向からレーザを照射し、反射膜の回折格子形状を作成する。



1. レーザ装置
2. 全反射ミラー
3. 成形光学系
4. マスク
5. 投影レンズ
6. 反射膜付き被加工材
7. 移動ステージ

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 格子形状のマスクの投影照射可能な光学系を有するレーザアブレーション加工装置によって、少なくとも一部に反射膜を有するレーザアブレーション加工可能な高分子材料に反射膜方向からレーザを照射し反射膜の回折格子形状を作成することを特徴とする光学素子製造方法。

【請求項2】 レーザ装置とレーザ光を任意の位置に照射する手段あるいは基板を任意の位置に平行移動させ得る手段から構成されるレーザ加工装置によって少なくとも一部に反射膜を有するレーザアブレーション加工可能な材料に反射膜方向からレーザを照射し光あるいは基板を連続的に移動し、回折格子形状を作成することを特徴とする光学素子製造方法。

【請求項3】 紫外域の波長を出力するレーザと、同波長での透過率が高い反射膜材料を用いることを特徴とする請求項1または請求項2記載の光学素子製造方法。

【請求項4】 反射薄膜による透過光のエネルギーがレーザアブレーション閾値以上の領域で調整可能なレーザ装置によってレーザ光の出力を調整しながら加工を行うことを特徴とする請求項1～請求項3のいずれかに記載の光学素子製造方法。

【請求項5】 倍率調整手段と基板の平行移動手段を有する請求項1または請求項3記載の光学素子製造方法。

【請求項6】 立体形状をした被加工材料と同材料を光軸方向へ移動する手段を有する請求項1または請求項2記載の光学素子製造方法。

【請求項7】 ガラス基板と反射膜の中間にレーザアブレーション加工可能な高分子薄膜層を形成した材料を用いることを特徴とする請求項1または請求項2記載の光学素子製造方法。

【請求項8】 請求項1または請求項2に記載の手段によって作成された回折格子形状を有する高分子フィルム。

【請求項9】 接着剤により前記請求項8記載の高分子フィルムを付加して構成し、あるいは少なくとも一部に粘着層あるいは接着層が設けられた前記請求項8記載の高分子フィルムを付加して構成したことを特徴とする構造体。

【請求項10】 少なくとも一部が球面であり、請求項1または請求項2記載の手段によって作成された溝形状を備え、あるいは上記溝形状を有する高分子膜を付加して構成したことを特徴とする構造体。

【請求項11】 少なくとも一部が立体形状であり、請求項6記載の手段によって作成されたことを特徴とする高分子構造体。

【請求項12】 高吸収係数の材料あるいは吸光材料を分散させた材料からなることを特徴とする請求項8記載の高分子フィルム。

【請求項13】 前記高分子膜は請求項8記載の回折格

子形状を有し、かつ高吸収係数の材料あるいは吸光材料を分散させた材料からなることを特徴とする請求項10記載の構造体。

【請求項14】 少なくとも一部が透明である高分子上に反射膜溝形状を有することを特徴とする請求項8記載の高分子フィルム。

【請求項15】 前記高分子膜は少なくとも一部が透明である高分子上に反射膜溝形状を有することを特徴とする請求項10記載の構造体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、レーザアブレーションによる分光、単色化のための回折格子、位置決め制御用エンコーダスケール等を含む各種光学素子の製造法、ならびに上記製造法により作成された光学素子に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】光学素子の1つである回折格子は波長選択性を有するため分光器等の波長分散素子として用いられてきた。また反射、透過量を空間的に制御出来るため、各種光学素子として用いられている。またエンコーダ用スケールはモータ制御ステージの高精度位置決めのため、近年特に重要性が増し利用が進んでいる。

【0003】これら回折格子、スケールはこれまで主に機械加工、フォトリソグラフィ、干渉露光法、イオン・電子ビーム描画法で作成されている。機械加工では、ベースとなる基板表面に回折格子の溝形状を作成し、基板全面にわたって連続的に溝形状を形成する方法である。フォトリソグラフィは基板表面に塗布したレジスト膜をマスク露光によりパタン化し、エッチングにより基板の溝形状を形成する方法である。干渉露光法はレジスト膜を2光束干渉露光法によりパタン化し、エッチングを施す等して溝形状を形成する方法である。イオン・電子ビーム直描法はエネルギービームを空間的に制御して基板上を照射することで溝形状を形成する方法である。

【0004】またレーザアブレーション加工はレジストワークを必要としない直接加工法として研究されている手法であり高分子を中心とする材料の微細加工法として、あるいは飛散物質による薄膜形成法として注目されている。アブレーションを利用した回折格子製造法としては、特開平7-027910号公報、あるいは特開平8-184707号公報で開示されたものがある。前者手法ではレーザ光を直接基板に照射し基板のアブレーション作用により溝形状を形成する。後者ではレーザアブレーションによるフラグメントをマスクを通して基板に衝突させることで格子を形成する方法である。上記回折格子は通常ガラス基板等に作成され、平面ガラス上の金属膜、レジスト膜、樹脂膜等で溝形状が形成される。

## 【0005】

10

20

30

40

50



【発明が解決しようとする課題】しかし、上記機械加工では、微小な回折格子の溝形状を精度良くかつ再現性良く作成することは困難であった。フォトファブリケーションによる方法ではレジスト塗布、乾燥、現像、エッチング等多くの工程を必要とし溝形状の制御は困難で、断面形状に制限があった。

【0006】干渉露光法では加工装置の振動の影響除去やアライメント等専門的知識が必要で、被加工材料も高分子性フォトリソグレイや2P樹脂等に制限され、選択幅が狭い。またこの場合も加工形状の制御が困難で、形状変化をおこしやすい問題があった。

【0007】さらにフォトファブリケーション、干渉露光法では、レジスト塗布等のウェット工程が含まれ、不純物混入や洗浄工程を要求される問題があり、基板材料が平面でない場合には対応が出来なかった。

【0008】電子・イオンビームによる製造法では、大型真空系を要する事や電子・イオンビーム源が高価である点などから加工コストが高い問題があり、加工速度も遅く長尺スケールを作成するのが困難であった。

【0009】レーザアブレーションによる製造法では、基板材料を直接加工している。レーザアブレーションでは金属材料の除去加工には大きなエネルギーが必要で、形状の制御が困難である。ガラス、セラミック材料の場合も大きなレーザエネルギーが必要で生産性が高くなく、縮小投影加工は困難である。またこれは単一材料に対する加工法であり、反射率の制御や溝形状の制御が単一材料の特性に支配される問題があった。またアブレーションではレーザ光の1照射あたりの加工深さの制御が困難で、同一形状の格子の作成が困難であった。

【0010】またこれら製造法は、通常平面度の高いガラス基板等の平面構造材料上に回折格子やスケール等の光学素子を作成するもので、球面を有する面上への溝形状は困難であった。また回折格子を他の材料へ付加する場合、回転する面や伸び変形する材料上への付加は困難であった。

【0011】また反射により信号を制御するためには、ガラス基板の裏面に光吸収する材料を付加する必要がある、この場合反射が表面と裏面でおきるため基板材料の影響を受ける問題があった。また基板材料の選択性が低い場合高価な基板材料を使う必要があり、素子への付加材料や素子を接着するための接着材料の制限も多い問題があった。

【0012】本発明は前記のような従来技術の課題や欠点を解決するためなされたもので、完全ドライ化された回折格子や光学素子の高速加工製造方法及び上記製造法で作成された、溝形状を有する光学素子を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】前記課題を実現するため本発明の請求項1に係る光学素子製造方法は、格子形状

のマスクの投影照射可能な光学系を有するレーザアブレーション加工装置によって、少なくとも一部に反射膜を有するレーザアブレーション加工可能な高分子材料に反射膜方向からレーザを照射し反射膜の回折格子形状を作成することを特徴とする。

【0014】本発明の請求項2に係る光学素子製造方法は、レーザ装置とレーザ光を任意の位置に照射する手段あるいは基板を任意の位置に平行移動させ得る手段から構成されるレーザ加工装置によって少なくとも一部に反射膜を有するレーザアブレーション加工可能な材料に反射膜方向からレーザを照射し光あるいは基板を連続的に移動し、回折格子形状を作成することを特徴とする。

【0015】本発明の請求項3に係る光学素子製造方法は、請求項1または2記載の光学素子製造方法において紫外域の波長を出力するレーザと、同波長での透過率が高い反射膜材料を用いることを特徴とする。

【0016】本発明の請求項4に係る光学素子製造方法は、請求項1～3いずれかに記載の光学素子製造方法において反射薄膜による透過光のエネルギーがレーザアブレーション閾値以上の領域で調整可能なレーザ装置によってレーザ光の出力を調整しながら加工を行うことを特徴とする。

【0017】本発明の請求項5に係る光学素子製造方法は、請求項1または3記載の光学素子製造方法において倍率調整手段と基板の平行移動手段を有することを特徴とする。

【0018】本発明の請求項6に係る光学素子製造方法は、請求項1または2記載の光学素子製造方法において立体形状をした被加工材料と同材料を光軸方向へ移動する手段を有することを特徴とする。

【0019】本発明の請求項7に係る光学素子製造方法は、請求項1または2記載の光学素子製造方法においてガラス基板と反射膜の中間にレーザアブレーション加工可能な高分子薄膜層を形成した材料を用いることを特徴とする。

【0020】本発明の請求項8に係る高分子フィルムは、請求項1または2に記載の手段によって作成された回折格子形状を有することを特徴とする。

【0021】本発明の請求項9に係る高分子フィルムを付加した構造体は、接着剤により前記請求項8記載の高分子フィルムを付加して構成し、あるいは少なくとも一部に粘着層あるいは接着層が設けられた前記請求項8記載の高分子フィルムを付加して構成したことを特徴とする。

【0022】本発明の請求項10に係る構造体は、少なくとも一部が球面であり、請求項1または請求項2記載の手段によって作成された溝形状を備え、あるいは上記溝形状を有する高分子膜を付加して構成したことを特徴とする。

【0023】本発明の請求項11に係る高分子構造体

は、少なくとも一部が立体形状であり、請求項6記載の手段によって作成されたことを特徴とする。

【0024】本発明の請求項12に係る高分子フィルムは、請求項8記載の高分子フィルムであって、高吸収係数の材料あるいは吸光材料を分散させた材料からなることを特徴とする。また本発明の請求項13に係る構造体は、請求項10記載の構造体において、前記高分子膜は請求項8記載の回析格子形状を有し、かつ高吸収係数の材料あるいは吸光材料を分散させた材料からなることを特徴とする。

【0025】本発明の請求項14に係る高分子フィルムは、請求項8記載の高分子フィルムであって、少なくとも一部が透明である高分子上に反射膜溝形状を有することを特徴とする。また本発明の請求項15に係る構造体は、請求項10記載の構造体であって、前記高分子膜は少なくとも一部が透明である高分子上に反射膜溝形状を有することを特徴とする。

【0026】前記のような本発明に係る構成によって、照射されたレーザー光が被加工材料上の反射膜を透過して高分子材料まで達し、このレーザー光によるアブレーション作用により、高分子材料の分子レベルでの開裂がおき、レーザー照射部分が外部に飛散する。このとき外部に飛散する物質はその上部の反射膜も同時に飛散させるため、照射部全域の加工が行われる。

【0027】また、被加工物を平行移動することで、連続した形状加工がなされる。

【0028】さらにレーザー光を走査する場合は、直接描画するためマスクなしで任意の形状の加工がなされ、また同時に被加工物を平行移動することで大面積、長尺の光学素子の加工がなされる。

【0029】また、高分子材料は紫外域に強い吸収があり、紫外レーザーでアブレーション加工可能な材料が多いから、紫外域のレーザーを用いることで効率的な加工がなされる。また、レーザー強度を調整する手段を用いることで、同一素子上に溝幅の異なる形状形成がなされる。

【0030】また、マスク投影による縮小投影加工の場合は、マスク位置、投影レンズ、加工位置のいずれか2つを同時に移動することで加工倍率の選択がなされ、これにより倍率の異なる溝形状が形成される。

【0031】また、レーザー照射焦点位置に被加工物の焦点を合わせることで、立体形状をした材料への加工がなされ、球面上や段形状をした構造体上への反射形状生成がなされる。

【0032】さらにレーザーアブレーション層を中間に準備し、レーザー照射によってそれを除去することで、金属反射膜等の反射薄膜付きガラス基板の加工がなされる。また、ガラスのアブレーションエネルギー閾値が高分子より大幅に大きい場合は、加工エネルギーの調節によりガラス面に損傷を与えない加工がなされる。

【0033】次に、これら製造法によって製造された光

学機能を有する高分子フィルムは、形状変形が容易であり、安価かつ機能の選択が容易になる。

【0034】この高分子材料として接着層を付加したフィルムが選択されることで、加工後すぐに他の材料へ付加加工がなされる。

【0035】また、球面を有する材料への光学機能付加や上記接着材付きフィルムの付加により、球面への光学機能付加がなされる。

【0036】また、立体形状をした構造体への加工が可能になり、反射膜が立体的に制御された構造物が作成される。

【0037】また、高分子材料の吸収率を高めることで、反射膜と吸収帯とを近接して生成でき、反射率の段階的な変化や、多階調特性の薄膜光学素子が実現される。

【0038】また逆に、透明な高分子を利用することで、透過型光学素子が実現される。

【0039】

【発明の実施の形態】本発明による製造方法では、レーザー光を縮小投影あるいは走査して基板に空間選択的に照射する工程、基板を3次元に移動する手段と反射膜を有するアブレーション可能な高分子材料とから構成される。さらに、高分子の加工特性を高めるため、紫外レーザーと同レーザー光の波長での透過率の高い反射材料から構成されることが望ましい。

【0040】加工溝ピッチを縮小投影倍率により調整する場合にはマスク、レンズ、加工基板位置のいずれか2つの平行移動手段から構成される。被加工材料は特に反射薄膜を付加した高分子材料で構成され、特にガラス基板上に反射膜を形成する場合、基板と反射膜との間にアブレーション可能な高分子材料の薄膜を形成する。

【0041】また本発明による光学素子は、反射膜の溝形状を有する形状変形可能な高分子フィルム、球面を有する構造体、立体形状した高分子構造体、上記フィルムを付加した構造体、のいずれかから構成され、高分子材料は透明材料、光吸収材料、光吸収材料添加材料のいずれかから構成されることが望ましく、素子を構造体に接着する場合、接着材料があらかじめ付加された材料が望ましい。

【0042】以下本発明の実施の形態について説明する。

(第1実施形態)図1に、本発明の第1実施形態を示す。同図においてレーザー装置1から発振されたレーザー光は全反射ミラー2等で伝送されながら成形光学系3で強度調整・均一化されマスク4に照射される。マスクの強度分布は投影レンズ5により、反射膜付き被加工物6上に投影される。反射膜付き被加工物6は光軸方向へ調整可能なステージ7上に固定され、必要があればステージ7を移動しパターンを連続的に作成する機構からなる。

【0043】図2に、本発明による光学素子の製造法の

模式図を示す。アブレーション可能なフィルムM1上に反射膜M2を500～1000オングストローム程度付加する。反射膜M2はCr、Al等の金属膜を蒸着やスパッタ法で付加する方法や色素等を含んだ高分子膜をスピコート等で作成することが可能である。この反射膜付きフィルムM1にレーザー光M3を照射する。照射されたレーザー光M3の一部が反射膜M2を透過して高分子材料M1に照射される。この高分子のアブレーションとともに反射膜M2が除去され、回折格子M4が形成される。

【0044】(第2実施形態)図3に、本発明の第2実施形態を示す。レーザー装置1から発振されたレーザー光12は全反射ミラー13やオリフィス14等を通して伝送され、集光レンズ15で集光され試料に照射される。レーザー光はガルバノミラー16や移動ステージ17により被加工材料18上に走査される。被加工材料18は前記図2の構成からなり、同様の原理により加工される。レーザー光はレーザー強度を変化させること加工幅を調整することが可能であり、装置内に減光器を設けても同様の作用が可能である。

【0045】(第3実施形態)図4に、本発明の第3実施形態を示す。レーザー装置1から発振されたレーザー光は全反射ミラー2等で伝送されながら成形光学系3で強度調整・均一化されマスク4に照射される。マスクは移動ステージ25上に設置され光軸方向へ移動可能である。また場合によってマスクを回転させる機構やマスクを交換する機構を有する。マスクの像は投影レンズ5を通して移動ステージ7上に固定された被加工材料8表面に照射される。このマスク移動ステージ25と移動ステージ7はステージコントローラ9を通してコンピュータ10によって制御される。ステージの移動とレーザー照射数やレーザー照射強度を同時にコンピュータで制御する。これにより、1つのマスクから倍率の異なる形状加工が可能となり、同時にマスク交換、レーザー強度調整を行うことにより様々な形状加工が可能となる。

【0046】(第4実施形態)図5に、ガラス基板上回折格子作成法の第4実施形態を示す。ガラス基板N1上に高分子膜N2を付加する。高分子膜N2は0.1μm程度以下とすると比較的低エネルギーの1回のレーザー光照射で反射膜N3と高分子膜N2を同時に剥離出来る。またガラスのレーザーアブレーション閾値以下にレーザー強度を照射することで、ガラス表面N1に影響与えることなく高精度な反射膜形状の作成が出来る。材料は露光に用いる高分子性レジストのみでなく、光硬化・熱硬化型樹脂や各種高分子を利用できる。

【0047】(第5実施形態)図6に、本発明による第5実施形態である光学素子の製造法と光学素子を示す。光学レンズ等球面を有する高分子光学材料P1上にCr、Al等の反射膜P2を付加する。この材料の反射膜上からレーザー光P3を選択的に照射する。これにより反

射膜P2の溝形状が生成し、この素子に光を照射すると一部が反射され一部が透過する。この時反射光は拡散し、透過光は集光される。このように加工された光学素子P4は、光学的機能を有する。

【0048】(第6実施形態)図7に、本発明による第6実施形態である球面加工による球面を有する光学素子を示す。円柱状の回転する構造体R1上にアブレーション可能な高分子薄膜R2を付加し、さらに反射膜R3を付加する。これにレーザー光R4を部分的に照射し、上記アブレーション作用により反射膜パターンを形成する。この回転体R1を回転させながらレーザー光R4を順次照射することで、回転体R1表面に反射膜パターンを形成し、表面スケールR5を作成する。このスケールは表面に形成されるため表面の位置制御や速度制御に利用可能となる。これはスケールを作成し、それを回転体に付加することでも達成できる。

【0049】(第7実施形態)図8に、本発明による第7実施形態である立体構造物への反射パターン製造例と製造された光学素子を示す。アブレーション加工可能な高分子材料を立体的に加工し立体構造体S1とする。立体加工には、機械加工や光造形、アブレーション加工等が利用できる。この材料に反射膜S2をスパッタ、蒸着等で付加し、空間選択的にレーザー光S3を照射する。上記レーザーアブレーション作用により例えば図8の平面部のみを加工する。これにより平面部は光が透過し斜面は反射する光学素子S4となる。この素子に信号光S5を照射すると光は部分的に反射され、図のような光反射素子として機能する。

【0050】(第8実施形態)図9に、本発明による第8実施形態である吸収材料を含む光学素子を示す。吸収率を制御した高分子膜T1は多段階に重ねる、あるいは分散量を制御するなどして厚みにより反射率が異なる構造とする。この高分子膜T1上に反射膜T2を付加し、そこにレーザー光T3を照射する。レーザー光T3は強度を制御し、照射量を変える事で加工深さを変え、図9に示す構造体T4とする。この様な構造体T4に光を照射すると図10に示すように位置により信号強度が変化する。これにより段階的な信号を生成する光学素子としての機能を果たす。

【0051】(第9実施形態)図11に、本発明による第9実施形態である透明高分子を用いた光学素子の1実施例を示す。上記手法により高分子薄膜V1上の反射膜V2を、図(A)に示す形状にパターンニングする。さらに同様に(B)、(C)に示す形状加工し光学素子V3を作成する。これらは透明であり、非常に薄くすることも可能であるのでこれらを重ねて図のような複雑な形状のパターン加工が可能となる。この場合(A)、(B)、(C)は同一形状とすることも可能であり、透明であるため透過型の信号処理も可能となる。

【0052】

10

20

30

40

50

【発明の効果】以上詳述したように、本発明によれば、被加工材料上の反射膜を薄膜とすることで、照射されたレーザ光の一部が高分子材料まで達する。このレーザ光によるアブレーション作用により、高分子材料の分子レベルでの開裂がおき、レーザ照射部分が外部に飛散する。このとき外部に飛散する物質はその上部の反射膜も同時に飛散させるため、照射部全域の加工が行われる。

【0053】ここで反射膜厚さを薄くする事で、レーザ光子一個で反射膜の加工が可能であり、レーザ照射時間は数ナノ秒以下に短縮できるため、非常に高速な加工が可能になる。また反射膜を除去することで反射を制御するため、深さ方向の加工形状を正確に制御する必要がなく、多くの材料を反射膜、基板材料として利用できる。

【0054】縮小投影加工では、マスクの形状が縮小され、基板の所望の位置に照射される。このような縮小投影では大面積の形状が一括して行えるため、非常に生産性が高くなる。

【0055】また、被加工物を平行移動することで、連続して形状加工することが可能であり、長尺スケールの作成などが容易に行える。またマスク形状を選択でき、マスクを交換するなどして溝形状のみでなく様々な反射形状が作成できる。

【0056】さらにレーザ光を走査する場合は、直接描画するためマスクなしで任意の形状に加工することが可能であり、レーザ光を集光して用いるためレーザ出力が低い場合も利用可能であり、繰り返しレーザやガルバノミラー等を用いることで高速に加工を行う事ができる。また同時に被加工物を平行移動することで大面積、長尺の光学素子の加工が可能となる。

【0057】通常、高分子材料は紫外域に強い吸収があり、紫外レーザでアブレーション加工可能な材料が多い。その為、紫外域のレーザを用いることで効率的な加工が可能となる。この際、反射材料は赤外から可視域での反射特性が利用されるため、紫外レーザを用いる場合その波長域で透過率の高い材料を用いることが好ましい。

【0058】また、このようなアブレーションのアシストによる薄膜加工では、レーザエネルギー強度により膜加工幅が変化する。そのためレーザ強度を調整する手段を用いることで、同一素子上に溝幅の異なる形状を容易に形成可能となる。

【0059】また、マスク投影による縮小投影加工の場合は、マスク位置、投影レンズ、加工位置のいずれか2つを同時に移動することで加工倍率を任意に選択することが可能であり、これにより倍率の異なる溝形状を容易に形成可能となる。

【0060】また、レーザ照射焦点位置に被加工物の焦点を合わせることで、立体形状をした材料への加工が可能となり、球面上や段形状をした構造物上への反射形状生成も可能となる。

【0061】ガラス基板上の金属薄膜加工の場合、レーザアブレーション層を中間に準備しそれを除去することで、一般にレーザアブレーションでは加工が困難な金属反射膜等の反射薄膜付きガラス基板を、低エネルギーで高速に加工することが可能となる。またこの除去された膜の断面形状は、レーザトリミング等の熱加工では得られない良好な形状となる。

【0062】また、ガラスのアブレーションエネルギー閾値が高分子より大幅に大きい場合が多く、このエネルギーで加工することで、ガラス面に損傷を与えない加工が可能となる。この時同時にガラス面に付着した有機物を除去する洗浄効果もある。

【0063】次に、これら製造法によって製造された光学機能を有する高分子フィルムは、形状変形が可能であり安価で脆性が低い特徴を有し、材料の選択性が高く機能の選択が可能である。

【0064】この高分子材料として接着層を付加したフィルムを選択することで、加工後すぐに他の材料へ付加する事が可能であり、構造剤への光学機能を付加することが出来る。特に高分子の接着剤は選択幅が広く、接着強度、厚み熱特性等を選択する事が容易である。

【0065】また、球面を有する材料への光学機能付加や上記接着材付きフィルムの付加により困難な球面への光学機能付加が容易となる。これによりレンズ上へのマスクや光分岐素子、球面上へのエンコーダ機能作成等が可能となる。

【0066】また、立体形状をした構造物への加工も可能であり、反射膜が立体的に制御された構造物が作成できる。この様な構造物は空間的に光学機能を制御出来るため、反射分岐素子やマイクロマシン、センサーの一部に光学機能を付加することが可能となる。

【0067】また、高分子材料の吸収率を高めることで、反射膜と吸収帯とが近接して生成でき反射率を段階的に変化させたり、多階調の信号が形成される薄膜光学素子が作成可能となる。また高分子層で光を吸収させることで、反射型の素子のN/Aをあげる事が出来る。

【0068】また逆に、透明な高分子を利用することで、ガラスと同様の透過型光学素子としての利用が可能となり、またこれら素子同士を重ね合わせ、様々な信号形成を行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る光学素子製造装置の第一実施形態における概略図である。

【図2】本発明の第1実施形態における光学素子製造法の概略図である。

【図3】本発明の第2実施形態における光学素子製造装置の概略図である。

【図4】本発明の第3実施形態における光学素子製造装置の概略図である。

【図5】本発明の第4実施形態における回折格子製造法

の概略図である。

【図6】本発明の第5実施形態における光学素子製造法及び光学素子の概略図である。

【図7】本発明の第6実施形態における光学素子製造法及び光学素子の概略図である。

【図8】本発明の第7実施形態における光学素子製造法及び光学素子の概略図である。

【図9】本発明の第8実施形態における光学素子製造法及び光学素子の概略図である。

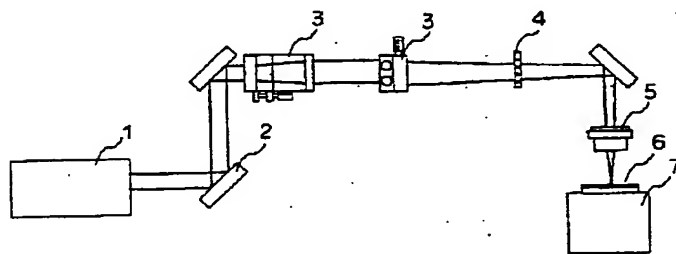
【図10】本発明の第8実施形態における光学素子から 10  
の信号例を示す図である。 \*

\* 【図11】本発明の第9実施形態における光学素子製造法及び光学素子の概略図である。

【符号の説明】

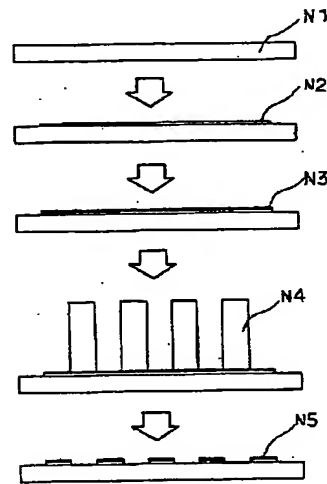
- 1 レーザ装置
- 2 全反射ミラー
- 3 成形光学系
- 4 マスク
- 5 投影レンズ
- 6 反射膜付き被加工材
- 7 ステージ

【図1】



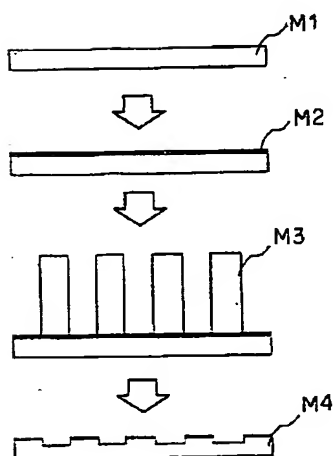
1. レーザ装置
2. 全反射ミラー
3. 成形光学系
4. マスク
5. 投影レンズ
6. 反射膜付き被加工材
7. 移動ステージ

【図5】



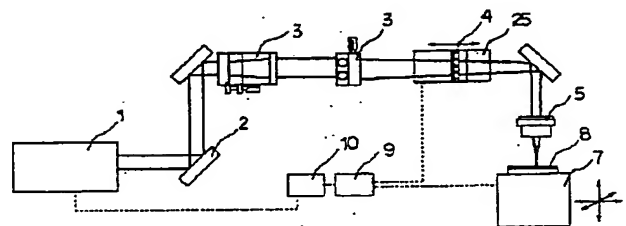
- N1. ガラス基板
- N2. 高分子膜
- N3. 反射膜
- N4. レーザ光
- N5. 回折格子

【図2】



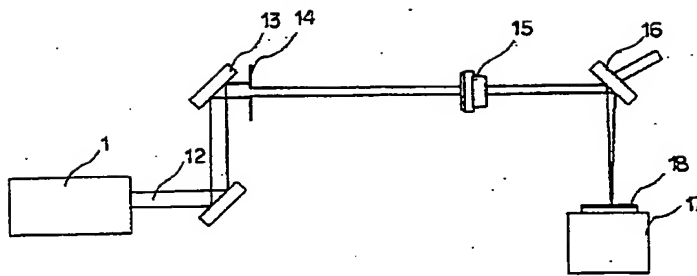
- M1. 高分子フィルム
- M2. 反射膜
- M3. レーザ光
- M4. 回折格子

【図4】



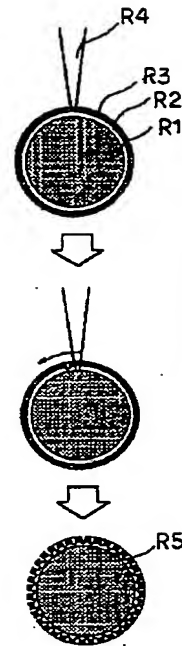
1. レーザ装置
2. 全反射ミラー
3. 成形光学系
4. マスク
25. マスク移動ステージ
5. 投影レンズ
7. 移動ステージ
8. 被加工材料
9. ステージコントローラ
10. コンピュータ

【図3】



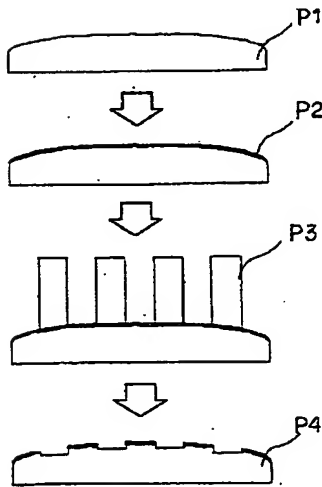
- 1. レーザ装置
- 12. レーザ光
- 13. 全反射ミラー
- 14. オリフィス
- 15. 集光レンズ
- 16. ガルバノミラー
- 17. 移動ステージ
- 18. 被加工材料

【図7】



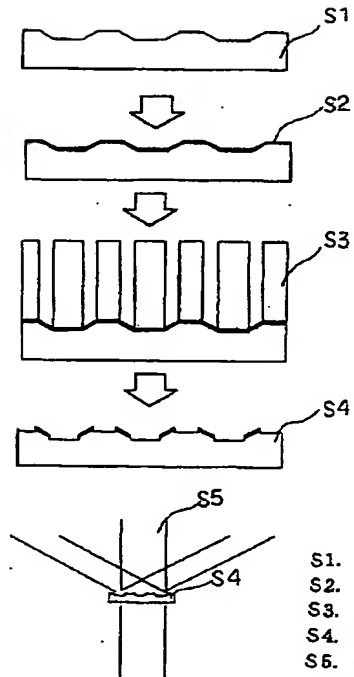
- R1. 回転構造体
- R2. 高分子膜
- R3. 反射膜
- R4. レーザ光
- R5. 回転表面スケール

【図6】



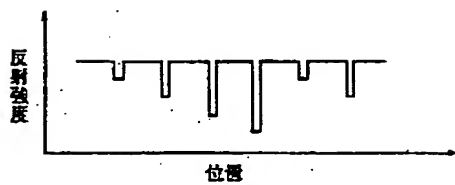
- P1. 高分子光学材料
- P2. 反射膜
- P3. レーザ光
- P4. 光学素子

【図8】

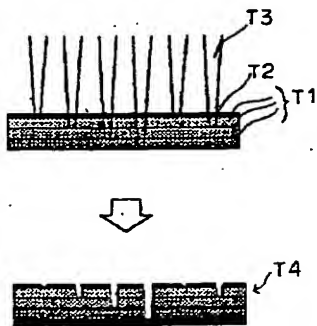


- S1. 立体構造体
- S2. 反射膜
- S3. レーザ光
- S4. 光学素子
- S5. 信号光

【図10】

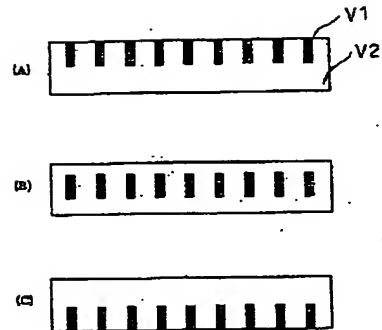


【図9】



T1. 高分子膜  
T2. 反射膜  
T3. レーザ光  
T4. 構造体

【図11】



V1. 透明高分子膜  
V2. 反射膜  
V3. 構造体

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-064614

(43)Date of publication of application : 05.03.1999

(51)Int.Cl.

G02B 5/18  
B23K 26/00  
G01B 11/00  
G02B 5/00

(21)Application number : 09-223592

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 20.08.1997

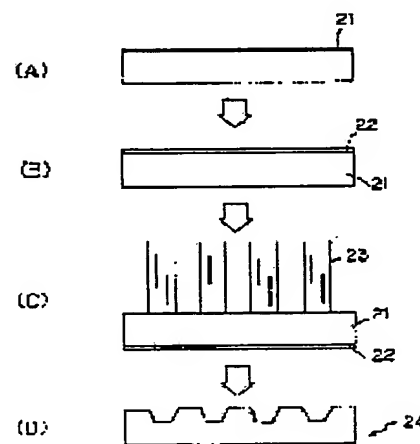
(72)Inventor : YAMADA YASUSHI

## (54) OPTICAL ELEMENT AND PRODUCTION OF OPTICAL ELEMENT

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a process for producing optical elements, such as diffraction gratings and scales, at a high speed in an atm. atmosphere and the optical element formed by the process for production.

SOLUTION: A high-polymer film 21 is prepd. (A); a reflection film 22 is added to the surface of the high-polymer film 21 (B); the resulted laminate is selectively irradiated with a laser beam 23 from the direction reverse from the reflection film 22 (C) and at this time, the surface of the high-polymer film 21 is processed by a laser abrasion effect and gratings are formed thereon, by which the reflection type optical element 24 is obtd. (D). Grooves are formed in the laser beam processed parts by taper-shaped flanks and bases having the surface rougher than the film surface of the non-processed parts. The reflectivity of the processed parts and the non-processed parts is changed by the shapes of these grooves. The optical effect of the reflection type optical element 24 is obtd. by utilizing such characteristics.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

BEST AVAILABLE COPY

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-64614

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月5日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
識別記号  
G 0 2 B 5/18  
B 2 3 K 26/00  
G 0 1 B 11/00  
G 0 2 B 5/00

F I  
G 0 2 B 5/18  
B 2 3 K 26/00 G  
G 0 1 B 11/00 Z  
G 0 2 B 5/00 Z

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平9-223592  
(22) 出願日 平成9年(1997) 8月20日

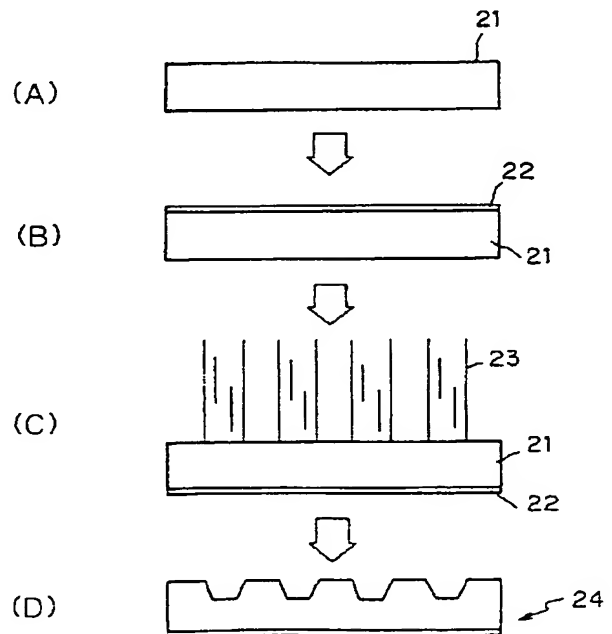
(71) 出願人 000006747  
株式会社リコー  
東京都大田区中馬込1丁目3番6号  
(72) 発明者 山田 泰史  
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式  
会社リコー内  
(74) 代理人 弁理士 高野 明近 (外1名)

(54) 【発明の名称】 光学素子及び光学素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 回折格子やスケール等の光学素子を大気雰囲気  
中で高速に製造できる製造方法及びその製造法で作成  
された光学素子を提供する。

【解決手段】 高分子フィルム21を用意し(図2  
(A))、この高分子フィルム21の表面に反射膜22  
を付加し(図2(B))、得られた積層体に反射膜22  
と逆方向から選択的にレーザー光23を照射する(図2  
(C))。このとき、高分子フィルム21の表面はレー  
ザアブレーション作用により加工されて格子が形成さ  
れ、反射型光学素子24が得られる(図2(D))。レ  
ーザ加工部には、テーパ形状の側面と非加工部のフィル  
ム面より粗い表面を持つ底面とにより溝が形成され、こ  
の溝形状により、加工部と非加工部の反射率が変化する。  
このような特性を利用することで、反射型光学素子  
24の光学的作用が得られる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 格子形状を有する光学素子の製造方法において、少なくとも一部に反射層を有するフィルムにレーザー光を照射し、照射したレーザー光によるアブレーション作用により前記格子形状を形成することを特徴とする光学素子の製造方法。

【請求項 2】 格子形状を有する光学素子の製造方法において、照射したレーザー光によるアブレーション作用によりフィルムに前記格子形状を形成し、該格子形状を形成した前記フィルムに反射層を付加することを特徴とする光学素子の製造方法。

【請求項 3】 前記フィルムに照射するレーザー光強度を、前記フィルムのアブレーションしきい値以上でかつ前記反射層のアブレーションしきい値以下の範囲内に設定することを特徴とする請求項 1 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 4】 前記反射層として、ガラス基板上に設けた反射膜を用いることを特徴とする請求項 1 ないし 3 いずれか 1 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 5】 前記反射層として高反射率の材料により形成された基板を用いることを特徴とする請求項 1 ないし 3 いずれか 1 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 6】 前記少なくとも一部に反射層を有するフィルムとして、第 1 及び第 2 の光吸収フィルムまたは光透過フィルムを金属薄膜による反射層を介して積層した積層体を用い、前記アブレーション作用を生ぜしめるレーザー光を前記第 1 の光吸収フィルムまたは光透過フィルムに照射し、照射する際に、該金属薄膜を透過したレーザー光強度が第 2 の光吸収フィルムまたは光透過フィルムのアブレーションしきい値以上となるように設定して、前記格子形状を形成することを特徴とする請求項 1 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 7】 前記レーザー光の光路中に設けたマスクの形状を前記フィルムに投影する投影手段と、前記フィルムを移動させる移動手段とを用いて、前記レーザー光の照射を行うことを特徴とする請求項 1 ないし 6 いずれか 1 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 8】 前記レーザー光を集光する集光手段と、該集光手段により集光したレーザー光を走査する走査手段とを用いて、前記レーザー光の照射を行うことを特徴とする請求項 1 ないし 6 いずれか 1 記載の光学素子の製造方法。

【請求項 9】 前記フィルムとして透明フィルムを用い、請求項 1 ないし 8 いずれか 1 記載の光学素子の製造方法により作成することを特徴とする光学素子。

【請求項 10】 前記フィルムとして光吸収係数の高いフィルムまたは吸光材料を分散させたフィルムを用い、請求項 1 ないし 8 いずれか 1 記載の光学素子の製造方法により作成することを特徴とする光学素子。

【請求項 11】 少なくとも一部に接着剤層または粘着

剤層を有してなることを特徴とする請求項 9 または 10 記載の光学素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は光学素子、特に反射型の光学素子及びその製造方法に関し、より詳細には、分光、単色化のための回折格子、位置決め制御用エンコーダスケール等を含む各種光学素子の製造法、ならびに、その製造方法により作成された光学素子に関し、センサー、部分反射ミラー、マイクロマシン、及び微細加工等に応用できるものに関する。

## 【0002】

【従来の技術】光学素子の 1 つである回折格子は、波長選択性を有するため、分光器等の波長分散素子として用いられてきた。また、光の反射量及び透過量を空間的に制御できるため、各種光学素子として用いられている。また、エンコーダ用スケールは、モータ制御ステージの高精度位置決めのため、近年特に重要性が増し、利用が進んでいる。

【0003】これら回折格子、及びエンコーダ用スケールは、これまで主に機械加工法、フォトファブリケーション法、干渉露光法、及びイオン・電子ビーム描画法等の方法を用いて作成されている。機械加工法は、ベースとなる基板表面の全面にわたって回折格子の溝形状を機械加工により連続的に作成する方法である。フォトファブリケーション法は、基板表面に塗布したレジスト膜をマスク露光によりパターン化し、エッチングを施すことにより基板に溝形状を形成する方法である。干渉露光法は、レジスト膜を 2 光束干渉露光法によりパターン化し、エッチング等を施すことにより溝形状を形成する方法である。イオン・電子ビーム直描法は、エネルギービームを空間的に制御して照射することで、基板に溝形状を形成する方法である。

【0004】一方、レーザーアブレーション加工法は、レジストワークを必要としない直接加工法として研究されている手法であり、高分子を中心とする材料の微細加工法として、あるいはアブレーションにより生じる飛散物質による薄膜形成法として注目されている。アブレーションを利用した回折格子の製造法としては、特開平 7 - 0 2 7 9 1 0 号公報、及び特開平 8 - 1 8 4 7 0 7 号公報のものがある。前者の手法では、レーザー光を直接基板に照射し、基板のアブレーション作用により溝形状を形成する。後者では、レーザーアブレーションにより生じるフラグメントをマスクを通して基板に衝突させることで格子を形成する。上記の回折格子は、通常、ガラス基板等の表面に作成され、例えば、平面ガラス基板上の金属膜、レジスト膜、樹脂膜等により溝形状が形成される。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】回折格子を形成する方法として、上述した機械加工法では、微小な回折格子の

溝形状を精度良くかつ再現性良く作成することは困難である。また、フォトファブリケーション法では、レジスト塗布、乾燥、現像、及びエッチング等多くの工程を必要とし、溝形状の制御が難しく、形成できる断面形状に制限が生じる。

【0006】干渉露光法では、加工装置の振動の影響除去やアライメント等に関する専門的知識が必要で、被加工材料も高分子性フォトレジスト等に制限され、選択幅が狭い。またこの場合も加工形状の制御が困難で、形状変化を生じやすいという問題がある。さらに、フォトファブリケーション法、及び干渉露光法では、レジスト塗布等のウェット工程が含まれ、不純物混入防止対策や洗浄工程を要求されるという問題があり、基板材料が平面でない場合には対応できない。

【0007】電子・イオンビーム描画法による高分子フィルムの加工は、熱影響が出るため加工形状を制御するのは困難であり、また、大型真空系を要することや電子・イオンビーム源が高価である点などから加工コストが高いという問題がある。

【0008】レーザアブレーションによる製造法では、基板材料を直接加工するが、反射型の光学素子を作成しようとする場合、一般にレーザ光を照射しただけでは反射率を制御する加工は困難で、反射型の光学素子には利用できない。また、これは単一材料に対する加工法であり、反射率の制御や溝形状の制御が単一材料の特性に支配されるという問題がある。

【0009】またこれらの製造法は、通常平面度の高いガラス基板等の平面構造材料上に回折格子やスケール等の光学素子を作成するもので、形状変化特性を必要とするフィルム基板には利用できない。本発明は、上記問題を解決するためになされたもので、回折格子やスケール等の光学素子を大気雰囲気中で高速に製造できる製造方法及びその製造法で作成された光学素子を提供することを目的としてなされたものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するために、本発明による製造方法では、レーザ光を基板に空間選択的に照射する装置と反射膜を有するアブレーション可能な高分子材料とを用いて、高分子材料に必要形状を作成する。レーザ光の照射においては、マスク形状の縮小投影を行うか、あるいはレーザ光を集光、走査することにより所望の形状を作成する。さらに、高分子の加工特性を高めるため、照射するレーザ光として紫外レーザを用いるとともに同レーザ光の波長で吸収係数の高い高分子材料を用いることが望ましい。加工溝ピッチを縮小投影倍率により調整する場合には、マスク、レンズ、及び加工基板位置のうちいずれか2を移動する移動手段を用いる。一方、集光レーザ光により加工する場合は、ガルバノミラー等の走査光学系あるいは被加工物を移動する手段を用いる。

【0011】本発明による光学素子は、反射膜を有し溝形状が形成された変形可能な高分子フィルム、このフィルムを付加した構造体、溝形状が形成された高分子フィルムを付加した反射率の高い構造体のいずれかの構成を有し、高分子材料は透明材料、光吸収材料、光吸収材料添加材料のいずれかから構成されることが望ましい。光学素子を構造体に接着する場合、接着材料あるいは粘着剤があらかじめ付加された材料を用いることが望ましい。また、反射膜を付加せずに反射率の高い構造体を用いる場合は、表面反射率の高い平滑な面を有する構造体材料とすることが望ましい。

【0012】以下に、課題を解決するための技術的手段を各請求項ごとに説明する。請求項1の発明は、格子形状を有する光学素子の製造方法において、少なくとも一部に反射層を有するフィルムにレーザ光を照射し、照射したレーザ光によるアブレーション作用により前記格子形状を形成することを特徴とし、高分子フィルム表面に熱影響を与えることなくサブミクロンの精度で格子構造を形成することができ、その際に、溶媒処理や乾燥処理を必要とせず、さらに、真空系の設備を必要としないため、プロセス簡易化や自動化が容易となるようにしたものである。

【0013】請求項2の発明は、格子形状を有する光学素子の製造方法において、照射したレーザ光によるアブレーション作用によりフィルムに前記格子形状を形成し、該格子形状を形成した前記フィルムに反射層を付加することを特徴とし、高分子フィルム表面に熱影響を与えることなくサブミクロンの精度で格子構造を形成することができ、その際に、溶媒処理や乾燥処理を必要とせず、さらに、真空系の設備を必要としないため、プロセス簡易化や自動化が容易となるようにしたものである。

【0014】請求項3の発明は、請求項1の発明において、前記フィルムに照射するレーザ光強度を、前記フィルムのアブレーションしきい値以上でかつ前記反射層のアブレーションしきい値以下の範囲内に設定することを特徴とし、予め付加されている反射膜に影響を与えることなく、安定したアブレーション加工を行うことができるようにしたものである。

【0015】請求項4の発明は、請求項1ないし3いづれか1の発明において、前記反射層として、ガラス基板上に設けた反射膜を用いることを特徴とし、加工時の高分子フィルムの変形が回避され、高分子フィルムよりアブレーションエネルギーしきい値が高いガラスを用いることにより、安定したアブレーション加工を行ことができ、得られたものは通常のガラスを用いた光学素子と同様に利用できるようにしたものである。

【0016】請求項5の発明は、請求項1ないし3いづれか1の発明において、前記反射層として高反射率の材料により形成された基板を用いることを特徴とし、加工時の高分子フィルムの変形が回避され、安定したアブレーション

ーション加工を行うことができるようにしたものである。

【0017】請求項6の発明は、請求項1の発明において、前記少なくとも一部に反射層を有するフィルムとして、第1及び第2の光吸収フィルムまたは光透過フィルムを金属薄膜による反射層を介して積層した積層体を用い、前記アブレーション作用を生ぜしめるレーザ光を前記第1の光吸収フィルムまたは光透過フィルムに照射し、照射する際に、該金属薄膜を透過したレーザ光強度が第2の光吸収フィルムまたは光透過フィルムのアブレーションしきい値以上となるように設定して、前記格子形状を形成することを特徴とし、金属薄膜を介した上層のフィルムと下層のフィルムとでそれぞれ加工幅の異なる多段の反射領域を形成することができるようにしたものである。

【0018】請求項7の発明は、請求項1ないし6いずれか1の発明において、前記フィルムに照射するレーザ光の光路中に設けたマスクの形状を前記フィルムに投影する投影手段と、前記フィルムを移動させる移動手段とを用いて前記レーザ光の照射を行うことを特徴とし、マスクによる加工形状の選択が容易で、加工倍率も投影系の機械的動作により任意に設定でき、大面積の形状加工を一括して行うことにより生産性の高い処理が可能となるようにしたものである。

【0019】請求項8の発明は、請求項1ないし6いずれか1の発明において、前記レーザ光を集光する集光手段と、該集光手段により集光したレーザ光を走査する走査手段とを用いて、前記レーザ光の照射を行うことを特徴とし、マスクなしで任意の形状に直接描画して加工することができ、さらに、被加工物を移動させることにより、大面積の形状加工を行うことができるようにしたものである。

【0020】請求項9の発明は、前記フィルムとして透明フィルムを用い、請求項1ないし8いずれか1記載の光学素子の製造方法により作成することを特徴とし、アブレーション加工部の反射光強度が相対的に減少して非加工部との強度差ができ、この特性を利用することにより、格子信号の検出が可能となるようにしたものである。

【0021】請求項10の発明は、前記フィルムとして光吸収係数の高いフィルムまたは吸光材料を分散させたフィルムを用い、請求項1ないし8いずれか1記載の光学素子の製造方法により作成することを特徴とし、アブレーション加工部の反射光強度が相対的に増大して非加工部との強度差ができ、この特性を利用することにより、格子信号の検出が可能となるようにしたものである。

【0022】請求項11の発明は、請求項9または10の発明において、少なくとも一部に接着剤層または粘着剤層を有してなることを特徴とし、アブレーション加工

を行った光学素子を加工後すぐに他の材料へ貼り付けて用いることができ、例えば、構造物への光学機能の付与を容易に行うことができるようにしたものである。

【0023】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例について添付された図面を参照して具体的に説明する。なお、実施例を説明するための全図において、同様の機能を有する部分には、同一の符号を付け、その繰り返しの説明は省略する。

【0024】（実施例1）図1及び図2を参照して本発明の第1の実施例を説明する。図1は、本発明による光学素子の製造方法の一実施例を説明するための概略構成図で、反射型光学素子の製造装置の一例を示すものである。図中、1はレーザ装置、2は全反射ミラー、3は成形光学系、4はマスク、5は投影レンズ、6は基板（被加工物）、7は移動ステージである。図2は、図1に示す装置を用いた反射型光学素子の製造方法の一例を説明するための図で、反射型光学素子の加工工程を順に図2（A）～図2（D）に模式的に示すものである。図2において、21は高分子フィルム、22は反射膜、23はレーザ光、24は反射型光学素子である。

【0025】図1において、レーザ装置1から発振したレーザ光は、全反射ミラー2等で伝送されながら、成形光学系3で強度調整・均一化され、マスク4に照射する。マスク4の強度分布パターンは、投影レンズ5により被加工物6上に投影される。また、被加工物6は照射レーザ光の光軸方向へ調整可能な移動ステージ7上に固定される。

【0026】図2に示すごとくに、高分子フィルム21の表面に反射膜22を付加し（図2（A））、図2（B））、この材料に反射膜22と逆方向から選択的にレーザ光23を照射する（図2（C））。このとき、高分子フィルム21の表面はレーザアブレーション作用により加工されて格子が形成され、反射型光学素子24が得られる（図2（D））。レーザ加工部は、テーパ形状の側面と非加工部のフィルム面より粗い表面を持つ底面とにより溝が形成され、この溝形状により、加工部と非加工部の反射率が変化する。このような特性を利用することで、反射型光学素子24の光学的作用が得られる。

【0027】（実施例2）図3を参照して本発明の第2の実施例を説明する。図3は、本発明による光学素子の製造方法の他の実施例を説明するための図で、反射型光学素子の加工工程を順に図3（A）～図3（D）に模式的に示すものである。

【0028】高分子フィルム21を用意し（図3（A））、この高分子フィルム21に、上記実施例1における手法と同様にレーザ光23を選択的に照射し（図3（B））、アブレーション作用により、格子形状を作成する（図3（C））。その格子形状作成面の逆側あるいは格子形状作成面側から、蒸着、スパッタ、及び塗布

等により、金属膜等による反射膜 22 を形成し、反射型光学素子 24 を得る (図 3 (D))。これにより、表面あるいは裏面の反射率が変化し、溝形状の反射率特性を利用することで反射型光学素子 24 の光学的作用が得られる。

【0029】(実施例 3) 図 4 を参照して本発明の第 3 の実施例を説明する。図 4 は、本発明による光学素子の製造方法の更に他の実施例を説明するための図で、反射型光学素子の加工工程を順に図 4 (A) ~ 図 4 (C) に模式的に示すものである。高分子フィルム 21 には反射膜 22 が付加されており、これにレーザー光 23 を複数回照射する (図 4 (A)、図 4 (B))。このときにレーザー光 23 の強度を反射膜 22 のレーザーアブレーション加工しきい値以下に設定することで、レーザー光の照射を続けても反射膜 22 が変化することはなく、照射側の表面のレーザー光の照射部に反射膜 22 が露出し、反射型光学素子 24 が得られる (図 4 (C))。この反射膜 22 と高分子フィルム 21 の反射率の違いを利用することで、反射型光学素子 24 の光学的作用が得られる。

【0030】(実施例 4) 図 5 を参照して本発明の第 4 の実施例を説明する。図 5 は、本発明による光学素子の製造方法の更に他の実施例を説明するための図で、反射型光学素子の加工工程を順に図 5 (A) ~ 図 5 (C) に模式的に示し、図 5 (D) は図 5 (C) で得られた反射型光学素子の反射信号強度特性を示すものである。図中、21a は第 1 の高分子フィルム、21b は第 2 の高分子フィルムである。

【0031】金属蒸着膜等による反射膜 22 を介して第 1 の高分子フィルム 21a と第 2 の高分子フィルム 21b とを積層したものを用意する (図 5 (A))。各高分子フィルム 21a、21b の材料はともにレーザーアブレーション可能な材料とする。この積層体にレーザー光 23 を照射する (図 5 (B))。まず第 1 の高分子フィルム 21a がアブレーション加工される。そして、加工部に露出した反射膜 22 に対しレーザー光を照射する。このときに反射膜 22 を透過したレーザー光強度が、第 2 の高分子フィルム 21b のアブレーションしきい値以上になる強度を有するレーザー光を照射する。通常、マスクパターンの投影光や集光レーザー光の強度は照射スポットの中心部で高いため、反射膜 22 を透過したレーザー光においても、その照射スポットの中心部で高い強度を有する光となる。そして、反射膜 22 を透過することにより透過レーザー光の強度が低下し、下層の第 2 の高分子フィルム 21b では照射スポットの中心部のみレーザーの影響を受け、アブレーション作用を示す。このとき、上面の反射膜 22 も同時に加工されるため、図 5 (C) に示すごくの反射膜 22 が露出した部分と反射膜 22 が消失した部分とが現れ、反射型光学素子 24 が得られる。この表面の反射率変化を利用することで、反射型光学素子 24 の光学的作用が得られる。このとき、レーザー照射強度を

調整することで、加工幅を制御することができ、また、図 5 (D) の反射信号強度特性に示されるように、1 回の照射で 2 パルス分の信号をピッチを変えて生成することが可能となる。

【0032】(実施例 5) 図 6 及び図 7 を参照して本発明の第 5 の実施例を説明する。図 6 は、本発明による光学素子の製造方法の更に他の実施例を説明するための概略構成図で、反射型光学素子の製造装置の他の例を示すものである。図中、8 はマスク移動ステージ、9 はステージコントローラ、10 はコンピュータである。図 7 は、図 6 に示す装置を用いた光学素子の製造方法の一例を説明するための図で、反射型光学素子の加工工程を順に図 7 (A) ~ 図 7 (D) に模式的に示すものである。

【0033】図 6 に示すごとく、レーザー装置 1 から発振されたレーザー光は、全反射ミラー 2 等で伝送されながら、成形光学系 3 で強度調整・均一化され、マスク 4 に照射する。マスク 4 の強度分布パターンは、投影レンズ 5 により被加工物 6 上に投影される。被加工物 6 は照射レーザー光の光軸方向と光軸に対し横方向へ移動調整可能な移動ステージ 7 上に固定され、横方向の移動を繰り返し行うことで、大面積の格子を連続的に作成することが可能となる。また、マスク 4 にマスク移動ステージ 8 を設け、移動ステージ 7 の光軸方向、及び光軸に対して横方向の移動とともに、コンピュータ 10 及びステージコントローラ 9 によりマスク 4 の位置を制御しながら加工を行うことで、マスク 4 の縮小倍率を制御することが可能となる。このような構成とすることで、ピッチの異なる格子形状や複雑なピッチを有する格子形状の作成が可能となる。例えば、図 7 に示すように、各移動ステージの位置や照射パルス数を変化させることで (図 7 (B)、図 7 (C))、階段状の格子形状を作成することが可能となる (図 7 (D))。

【0034】(実施例 6) 図 8 及び図 9 を参照して本発明の第 6 の実施例を説明する。図 8 は、本発明による光学素子の製造方法の更に他の実施例を説明するための概略構成図で、反射型光学素子の製造装置の他の例を示すものである。図中、11 はオリフィス、12 は集光レンズ、13 はガルバノミラーである。図 9 は、図 8 に示す光学素子の製造方法の一例を説明するための図で、反射型光学素子の加工工程を順に図 9 (A) ~ 図 9 (D) に模式的に示すものである。

【0035】図 8 に示すごとく、レーザー装置 1 から発振されたレーザー光は、全反射ミラー 2 等で伝送されながら、オリフィス 11 で成型され、集光レンズ 12 により集光されてガルバノミラー 13 により空間選択的に被加工物 6 上に照射される。レーザー光を高速発振させ、ガルバノミラー 13 を高速に回転させることで、被加工物 6 の高速加工が可能となる。またこのとき図 9 (C) に示すごとく、レーザー光の走査が行われるが、この走査速度を変化させることで、図 9 (D) に示すような正弦波形



状の格子等の作成も可能となる。

【0036】次いで、本発明による光学素子における位置検出例を図10を参照して説明する。ここでは、光学素子の高分子フィルムとして透明フィルムを用いた例を説明する。図10(A)は光学素子の位置検出装置と光学素子の構成の一例を示す図で、図10(B)は図10(A)の装置を用いて検出した反射型光学素子の信号強度特性の一例を示す図である。図中、14はレンズ、15はビームスプリッター、16は1/4波長板、17は受光素子、18は半導体レーザー、31は透明フィルム、32は金属反射膜である。

【0037】半導体レーザー18から出力されたレーザー光は、レンズ14等で整形され、ビームスプリッター15、1/4波長板16等を経由して受光素子17に伝送される。レーザー光が透明フィルム31を通過する場合は、背面の金属反射膜32による反射の影響で信号強度が高くなる。それに対し、アブレーション加工部に照射されたレーザー光は、テーパや微小凹凸の影響で散乱され、反射光の信号強度が小さくなる。このとき、反射信号強度は、図10(B)に示すように、位置により変化する。この信号強度の変化をとらえることで、透明フィルム31の移動を検出することが可能となる。

【0038】次いで、本発明による光学素子における位置検出例の他の例を図11を参照して説明する。ここでは、光学素子の高分子フィルムとして光吸収フィルムを用いた例を説明する。図11(A)は光学素子の位置検出装置と光学素子の構成の他の例を示す図で、図11(B)は図11(A)の装置を用いて検出した反射型光学素子の信号強度特性の一例を示す図である。図中、41は光吸収フィルム、42は反射板である。半導体レーザー18から出力されたレーザー光は、レンズ14等で整形されビームスプリッター15、1/4波長板16等を経由して受光素子17に伝送される。光吸収フィルム41に照射したレーザー光は、吸収されて反射信号の強度が小さくなる。それに対しアブレーション加工を行って、光吸収フィルム41の層厚を薄くしていくと、裏面の反射板42による反射光の信号強度が増加する。このとき、信号強度は、図11(B)に示すように、位置により変化する。この信号強度変化をとらえることで、光吸収フィルム41の移動を検出することが可能となる。

【0039】以上、上述してきたごとくに、本発明の各実施例の構成をとることにより、レーザー光が高分子フィルムの所望の位置に照射され、レーザーアブレーション作用によりサブミクロンの加工精度で高分子フィルムの表面に格子構造を形成することが可能である。高分子フィルムのレーザーアブレーションは、レーザー照射時間内に高分子を分子レベルで解裂させる現象で、高分子に熱影響を与えないで高速かつ高精度の加工を可能とする。レーザー光照射による加工量はサブミクロン程度であるので、この照射を繰り返すことで、所定の形状を高精度に形成

してなる格子が得られる。レーザーアブレーションは、PET樹脂、ポリカーボネート樹脂、ポリイミド樹脂等を材料とする多くの高分子フィルムで作用し、材料選択の幅が広い。また、溶媒処理や乾燥処理を必要としないため、プロセスの簡易化や自動化が容易である。また、大気環境下で加工ができるため、真空系等の設備を必要としない。

【0040】また反射層としてガラス基板上に設けた金属薄膜を用いる場合、高分子フィルムの変形が回避され、得られたものは通常のガラスを用いた光学素子と同様の利用が可能である。このとき、加工により得られる高分子フィルムの断面形状は、エッチングより選択性が高く、レーザートリミング等の熱加工では得られない良好な形状を得ることができる。また、ドライプロセスであるため、不純物やごみの影響を受けにくく、通常的环境下で作成することが可能である。また、ガラスのアブレーションエネルギーしきい値は、高分子より大幅に大きい場合が多く、レーザー強度を調整することで、高分子領域のみを除去し、金属膜とガラス面に損傷を与えない加工が可能となる。このとき、同時に、金属面に付着した有機物を除去する洗浄効果もある。

【0041】また、反射率の高い金属やセラミック基板上に高分子フィルムを設けたものを用意し、本加工法により加工することで、容易に反射型の光学素子を作成することが可能となる。金属、及びセラミックの場合も通常アブレーションエネルギーしきい値が高いため、レーザー強度を調整することで、高分子フィルム層のみの加工が可能となる。

【0042】縮小投影光学系を用いた加工装置では、大面積の形状加工が一括して行えるため、生産性の高い処理が可能となる。また、マスク形状を選択することで、溝形状のみでなく、様々な形状を作成することが可能となる。さらに、被加工物を平行移動することで、連続して形状加工することが可能となり、長尺スケールの作成などが容易に行える。また、マスク位置、投影レンズ、及び被加工物の位置のいずれか2つを同時に制御して移動させることで、加工倍率を任意に選択することが可能となり、これにより、倍率の異なる溝形状を容易に形成可能となる。

【0043】レーザー光を走査する場合は、マスクなしで任意の形状に直接描画して加工することが可能であり、レーザー光を集光して用いるため、出力の低いレーザー光も利用可能である。このときにレーザーの出力周波数を高くすることやガルバノミラー等を用いることで、高速に加工を行うことが可能となる。また加工時に被加工物を平行移動することで、さらに大面積、長尺の光学素子の加工が可能となる。通常高分子材料は紫外線域に強い吸収があり、紫外レーザーでアブレーション加工可能な材料が多い。そのため、紫外線域のレーザーを用いることにより、より効率的な加工が可能となる。



【0044】通常、マスクの投影光や集光レーザ光の強度は照射スポットの中心部で高いため、金属膜を透過した光は、中心部に高い強度を有する光となる。この光を高分子フィルム層の中間に設けた反射膜に照射すると、反射膜によりレーザ光の透過量が極端に下がるため、反射膜の下層では、レーザアブレーション可能なエネルギー領域が狭くなり、照射スポットの中心部のみがアブレーション加工される。このとき、中心部のアブレーション加工される領域は、上方の反射膜とともに除去される。この作用を利用することで、上層の高分子フィルムと下層の高分子フィルムにそれぞれ加工幅の異なる多段の反射領域を形成することができる。

【0045】これら製造方法により作成された反射膜を付加した素子や、加工後に反射膜を付加する素子は、反射型光学素子として利用可能となる。この光学機能を有する高分子フィルムは、形状変形が可能であり、安価で脆性が低い特徴を有し、接着性、耐熱性等の要求特性に従った材料の選択が可能である。

【0046】このとき、高分子フィルムの材料として光透過性の高い材料を選択し、高分子フィルム面から半導体レーザ等の光を照射すると、アブレーション加工を受けない部分では、入力信号光が散乱されることなく反射膜で反射され、高強度の反射光が観測される。それに対して、アブレーション加工された部分では、加工域にテーパが形成され、加工部分の表面粗さも増すために入射した光が散乱され、反射光の強度が減少する。これにより、加工部と非加工部に信号強度差ができ、格子信号を検出することが可能となる。

【0047】また光吸収係数の高い高分子フィルムや、カーボンブラック等の吸光材料を分散させた高分子フィルムを用いた場合、アブレーション加工を行うことにより高分子フィルムの層厚が薄くなり、加工部の反射率を相対的に高くすることが可能となる。これにより、高分子フィルム面から信号光を照射した場合、加工部と非加工部とで反射強度が変化し、格子信号を検出することが可能となる。このとき、加工深さを段階的に変えることで、反射率も段階的に変化し、多段階の信号生成が可能となる。

【0048】この光学材料に接着層を付加するか、あるいは接着剤や粘着剤が塗布された高分子フィルムを用いて行うことで、加工後すぐに他の材料へ貼り付けることが可能となり、例えば、構造物に光学機能を付与することが可能となる。特に、高分子に用いる接着剤は選択幅が広く、接着強度、熱特性等の要求特性に従った材料を選択することが可能となる。

【0049】

【発明の効果】

請求項1の効果：格子形状を有する光学素子の製造方法において、少なくとも一部に反射層を有するフィルムにレーザ光を照射し、照射したレーザ光によるアブレーション

作用により前記格子形状を形成するので、高分子フィルム表面に熱影響を与えることなくサブミクロンの精度で格子構造を形成することができ、その際に、溶媒処理や乾燥処理を必要とせず、さらに、真空系の設備を必要としないため、プロセス簡易化や自動化が容易である。また、高分子フィルムは、その要求特性に従って材料選択の幅が広い。

【0050】請求項2の効果：格子形状を有する光学素子の製造方法において、照射したレーザ光によるアブレーション作用によりフィルムに前記格子形状を形成し、該格子形状を形成した前記フィルムに反射層を付加するので、高分子フィルム表面に熱影響を与えることなくサブミクロンの精度で格子構造を形成することができ、その際に、溶媒処理や乾燥処理を必要とせず、さらに、真空系の設備を必要としないため、プロセス簡易化や自動化が容易である。また、高分子フィルムは、その要求特性に従って材料選択の幅が広い。

【0051】請求項3の効果：請求項1の発明において、前記フィルムに照射するレーザ光強度を、前記フィルムのアブレーションしきい値以上でかつ前記反射層のアブレーションしきい値以下の範囲内に設定するので、請求項1の効果に加えて、予め付加されている反射膜に影響を与えることなく、安定したアブレーション加工を行うことができる。

【0052】請求項4の効果：請求項1ないし3いずれか1の発明において、前記反射層として、ガラス基板上に設けた反射膜を用いるので、請求項1ないし3いずれか1の効果に加えて、加工時の高分子フィルムの変形が回避され、高分子フィルムよりアブレーションエネルギーしきい値が高いガラスを用いることにより、安定したアブレーション加工を行うことができ、得られたものは通常のガラスを用いた光学素子と同様に利用できる。また、加工時には、反射膜に付着した有機物を除去する洗浄効果がある。

【0053】請求項5の効果：請求項1ないし3いずれか1の発明において、前記反射層として高反射率の材料により形成された基板を用いるので、請求項1ないし3いずれか1の効果に加えて、加工時の高分子フィルムの変形が回避され、高反射率を有する反射層として例えば高分子フィルムよりアブレーションエネルギーしきい値が高い金属やセラミックを用いることにより、安定したアブレーション加工を行うことができる。

【0054】請求項6の効果：請求項1の発明において、前記少なくとも一部に反射層を有するフィルムとして、第1及び第2の光吸収フィルムまたは光透過フィルムを金属薄膜による反射層を介して積層した積層体を用い、前記アブレーション作用を生ぜしめるレーザ光を前記第1の光吸収フィルムまたは光透過フィルムに照射し、照射する際に、該金属薄膜を透過したレーザ光強度が第2の光吸収フィルムまたは光透過フィルムのアブレーション

ーションしきい値以上となるように設定して、前記格子形状を形成するので、請求項 1 の効果に加えて、金属薄膜を介した上層のフィルムと下層のフィルムとでそれぞれ加工幅の異なる多段の反射領域を形成することができる。

【0055】請求項 7 の効果：請求項 1 ないし 6 いずれか 1 の発明において、前記レーザ光の光路中にマスクを設けたマスクの形状を前記フィルムに投影する投影手段と、前記フィルムの移動手段とを用いて、前記レーザ光の照射を行うので、請求項 1 ないし 6 いずれか 1 の効果に加えて、マスクによる加工形状の選択が容易で、加工倍率も投影系の機械的動作により任意に設定でき、大面積の形状加工を一括して行うことにより生産性の高い処理が可能となる。

【0056】請求項 8 の効果：請求項 1 ないし 6 いずれか 1 の発明において、前記レーザ光を集光する集光手段と、該集光手段により集光したレーザ光を走査する走査手段とを用いて、前記レーザ光の照射を行うので、請求項 1 ないし 6 いずれか 1 の効果に加えて、マスクなしで任意の形状に直接描画して加工することができ、さらに、被加工物を移動させることにより、大面積の形状加工を行うことができる。

【0057】請求項 9 の効果：前記フィルムとして透明フィルムを用い、請求項 1 ないし 8 いずれか 1 記載の光学素子の製造方法により作成するので、アブレーション加工部の反射光強度が相対的に減少して非加工部との強度差ができ、この特性を利用することにより、格子信号の検出が可能となる。

【0058】請求項 10 の効果：前記フィルムとして光吸収係数の高いフィルムまたは吸光材料を分散させたフィルムを用い、請求項 1 ないし 8 いずれか 1 記載の光学素子の製造方法により作成するので、アブレーション加工部の反射光強度が相対的に増大して非加工部との強度差ができ、この特性を利用することにより、格子信号の検出が可能となる。

【0059】請求項 11 の効果：請求項 9 または 10 の発明において、少なくとも一部に接着剤層または粘着剤層を有してなるので、請求項 9 または 10 の効果に加え \*

\* て、アブレーション加工を行った光学素子を加工後すぐに他の材料へ貼り付けて用いることができ、例えば、構造物への光学機能の付与を容易に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明による光学素子の製造方法の一実施例を説明するための概略構成図である。

【図 2】 図 1 に示す装置を用いた反射型光学素子の製造方法の一例を説明するための図である。

【図 3】 本発明による光学素子の製造方法の他の実施例を説明するための図である。

【図 4】 本発明による光学素子の製造方法の更に他の実施例を説明するための図である。

【図 5】 本発明による光学素子の製造方法の更に他の実施例を説明するための図である。

【図 6】 本発明による光学素子の製造方法の更に他の実施例を説明するための概略構成図である。

【図 7】 図 6 に示す装置を用いた光学素子の製造方法の一例を説明するための図である。

【図 8】 本発明による光学素子の製造方法の更に他の実施例を説明するための概略構成図である。

【図 9】 図 8 に示す光学素子の製造方法の一例を説明するための図である。

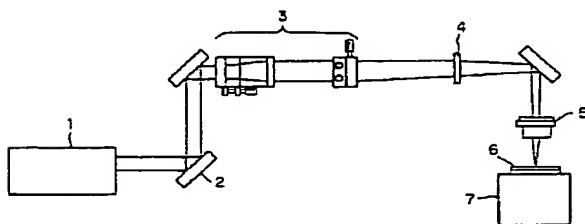
【図 10】 本発明による光学素子における位置検出例を説明するための図である。

【図 11】 本発明による光学素子における位置検出例の他の例を説明するための図である。

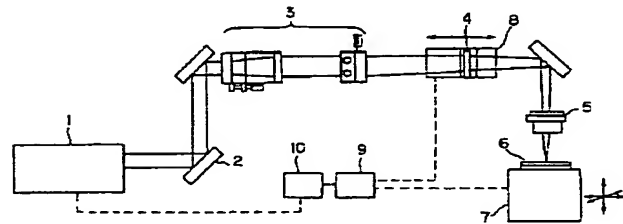
【符号の説明】

1…レーザ装置、2…全反射ミラー、3…成形光学系、4…マスク、5…投影レンズ、6…基板（被加工物）、7…移動ステージ、8…マスク移動ステージ、9…ステージコントローラ、10…コンピュータ、11…オリフィス、12…集光レンズ、13…ガルバノミラー、14…レンズ、15…ビームスプリッター、16…1/4波長板、17…受光素子、18…半導体レーザ、21…高分子フィルム、21a…第 1 の高分子フィルム、21b…第 2 の高分子フィルム、22…反射膜、23…レーザ光、24…反射型光学素子、31…透明フィルム、32…金属反射膜、41…光吸収フィルム、42…反射板。

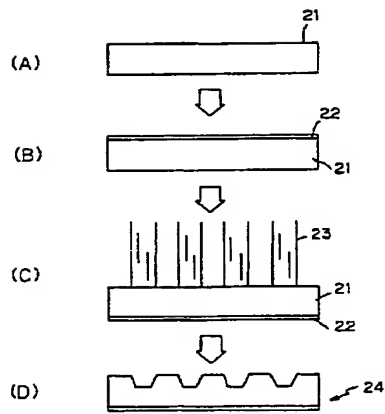
【図 1】



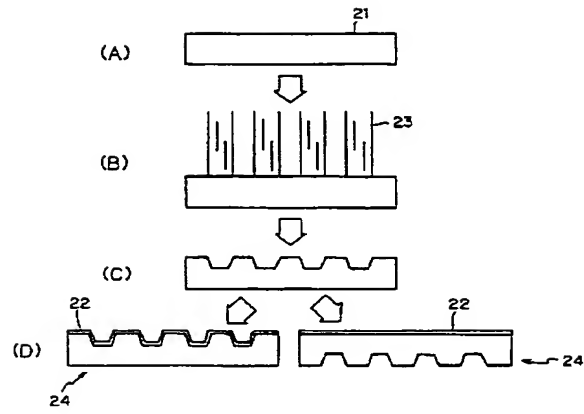
【図 6】



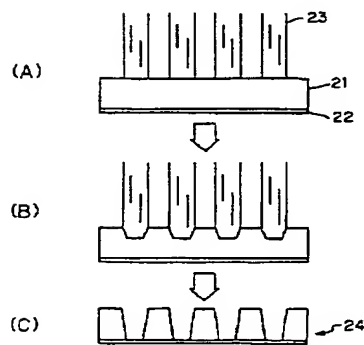
【図2】



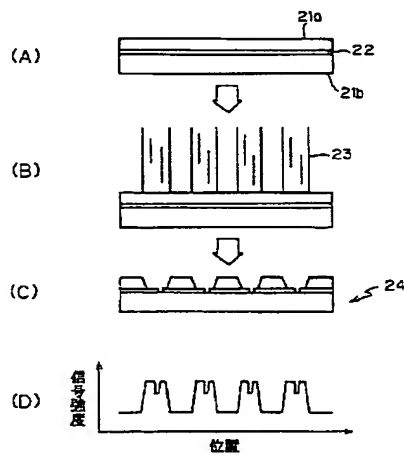
【図3】



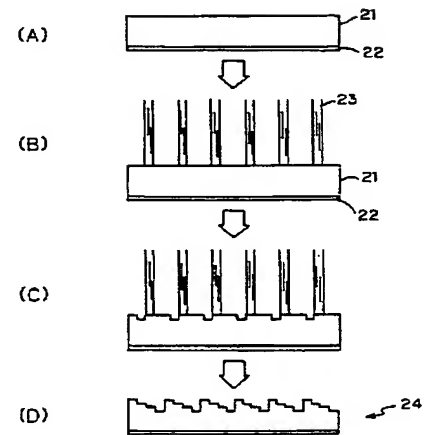
【図4】



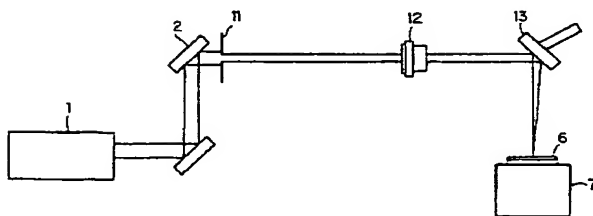
【図5】



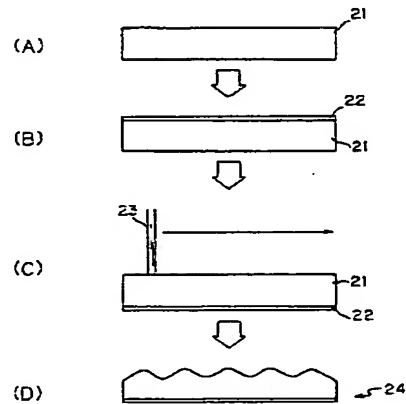
【図7】



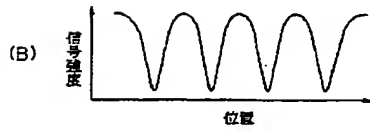
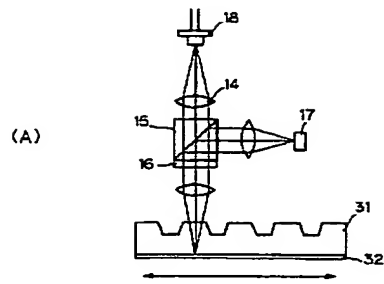
【図8】



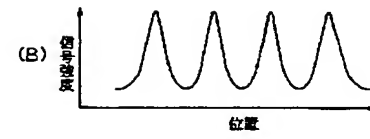
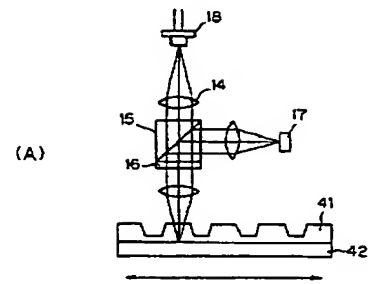
【図9】



【図 10】



【図 11】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☒ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-317662

(43)Date of publication of application : 21.11.2000

(51)Int.Cl.

B23K 26/00

(21)Application number : 11-135107

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 17.05.1999

(72)Inventor : YAMADA YASUSHI

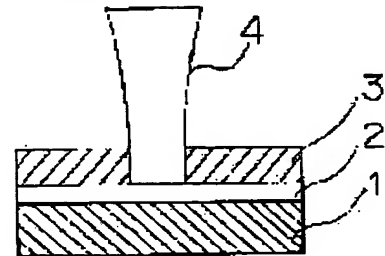
## (54) METHOD FOR LASER BEAM MACHINING AND DEVICE THEREFOR

## (57)Abstract:

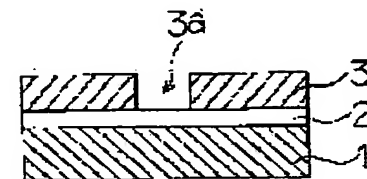
PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for piercing by laser beam capable of exactly dealing with a work with a large size or with a curved surface.

SOLUTION: On a plane substrate 1 an adhesive layer 2 is formed, and on this adhesive layer 2 a work piece 3 (e.g. 2 polymer film) is adhesively retained. A laser beam 4 is projected on the work piece 3 from the side of this work piece 3, and piercing is carried out by abrasion action. In this case, the laser beam 4 is projected for a sufficiently enough time to complete piercing of a hole 3a on the work piece 3. At this moment, the light passed through the work piece 3 is absorbed by the adhesive layer 2, so the effect of reflection on the rear side of the work piece 3 by the plane substrate 1 is decreased. After that, by removing the adhesive layer 2 and the plane substrate 1 off the work piece 3, a product 5 is obtained.

(a)



(b)



(c)



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2000-317662  
(P2000-317662A)

(43)公開日 平成12年11月21日(2000.11.21)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	ターム(参考)
B 2 3 K 26/00	3 3 0	B 2 3 K 26/00	3 3 0 4 E 0 6 8

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平11-135107

(22)出願日 平成11年5月17日(1999.5.17)

(71)出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72)発明者 山田 泰史

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式  
会社リコー内

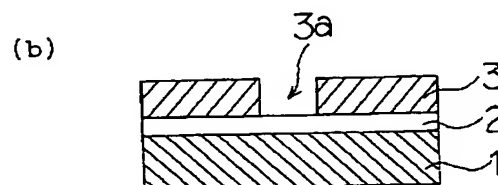
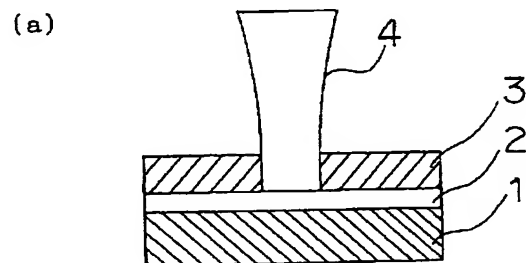
Fターム(参考) 4E068 AF01 CF03 CF04 DB06

(54)【発明の名称】 レーザ加工方法及びその装置

(57)【要約】

【課題】 寸法が大きい、または曲面状の被加工物に的確に対応することができる、レーザ光による穿孔加工方法を提供する。

【解決手段】 平面基板1上に粘着材層2を形成し、この粘着材層2上に被加工物3(例えば高分子フィルム)を粘着保持する。レーザビーム4を被加工物3に、この被加工物3側から照射し、アブレーション作用によって穿孔加工を行う。この場合、レーザビーム4は被加工物3に対する孔3aの穿孔が完了するまで十分な時間照射する。このとき、被加工物3を通過した光は粘着材層2で吸収されるため、平面基板1による被加工物3の裏面側における反射の影響が低減される。その後、粘着材層2および平面基板1を被加工物3から除去することにより加工品5を得る。





## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 平坦面を有する保持部材の前記平坦面上に形成した粘着材層（接着材層の場合を含む。以下同じ）上に被加工物を粘着保持し、この被加工物に該被加工物側からレーザ光を照射して穿孔加工を行った後、被加工物から前記粘着材層を除去することを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項 2】 曲面状の表面を有する保持部材の前記曲面上に形成した粘着材層上に被加工物を粘着保持し、この被加工物に該被加工物側からレーザ光を照射して穿孔加工を行った後、被加工物から前記粘着材層を除去することを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項 3】 円筒状保持部材の外周面上に形成した粘着材層上に被加工物を粘着保持し、前記円筒状保持部材を回転させながら、この被加工物に該被加工物側からレーザ光を照射して穿孔加工を行った後、被加工物から前記粘着材層を除去することを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項 4】 外周面に粘着材層を形成した円筒状保持部材を回転させるとともに、シート状またはフィルム状の被加工物を前記円筒状保持部材の回転方向と同一方向に走行させて被加工物を前記粘着材層上に接触させ、該接触面における粘着材層・被加工物間の相対的移動を伴うことなく被加工物を走行させながら、該被加工物側からレーザ光を照射して穿孔加工を行った後、被加工物から前記粘着材層を除去することを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項 5】 被加工物と、シート状またはフィルム状の保持部材とを粘着材層を介して積層した積層体を加工ステージ上に保持し、前記積層体に被加工物側からレーザ光を照射して穿孔加工を行った後、被加工物から前記粘着材層を除去することを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項 6】 被加工物を透明な材料からなる保持部材上に、紫外線硬化型接着剤による粘着材層を介して粘着させ、前記被加工物に該被加工物側からレーザ光を照射して穿孔加工を行った後、前記粘着材層に前記保持部材を介して紫外線を照射することにより前記粘着材層を硬化させてその粘着性を低下させた後、被加工物を前記硬化層から剥離することを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項 7】 保持部材上に形成した粘着材層上に被加工物を粘着保持し、この被加工物をフォトマスクで覆い、該フォトマスク側からレーザ光を照射することにより、前記フォトマスクのパターンに対応した穿孔加工を行った後、被加工物から粘着材層を除去することを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項 8】 前記粘着材層が、シリコン樹脂からなることを特徴とする請求項 1～7 のいずれか一つの項に記載のレーザ加工方法。

【請求項 9】 外周面に粘着材層を形成した回転自在の円筒状保持部材と、シート状またはフィルム状の被加工

物を前記円筒状保持部材の回転方向と同一方向に走行させて前記粘着材層上に接触させ、該接触面における粘着材層・被加工物間の相対的移動を伴うことなく被加工物を走行させた後、回収する被加工物の供給・回収装置と、前記円筒状保持部材にその外周側からレーザ光を照射するレーザ光源とを備えていることを特徴とするレーザ加工装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、レーザ光を用いる微細加工技術に関し、特に、高分子材料を中心とした被加工物に紫外レーザによるアブレーション加工を施すための方法および装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】一般的に紫外レーザによるアブレーション加工は、薄いフィルム状材料に対して行われることが多く、特に穿孔加工は加工速度が  $0.1 \mu\text{m}/\text{パルス}$  程度であるため、被加工材料の厚さは数百  $\mu\text{m}$  以下である。また、レーザ光は集光して用いられる場合が多く、このとき光の強度を均一に保つためには、被加工材料を  $100 \mu\text{m}$  以下の精度で光軸方向に位置合わせする必要がある。

【0003】従来、レーザ加工時の被加工物の保持方法としては、金属焼結体を研磨した基板や微細な孔加工を施した基板上に真空吸着するもの、平面度の高い基板に接着するもの、被加工物を基板上に部分的に接着するものなどが採用されてきた。

【0004】ところが、レーザ穿孔加工を行う場合、加工部を通過した光が保持基板により反射するため、加工面精度が悪化する問題があった。上記裏面反射の悪影響を軽減するための手段として、（１）被加工物の裏面（レーザ光の照射を受ける面と反対側の面）に透明基板を配置するもの、（２）裏面側を中空にするもの、（３）裏面を保護するための材料を裏面に接着し、加工後に剥離するものなどが提案されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記被加工物の保持方法や、裏面反射の影響低減方法では以下の問題があった。

（a）金属焼結体を研磨した基板上に被加工物を真空吸着する方法では、焼結部の表面に存在する粒子の影響で表面度が悪く、また大面積のものでは作製が難しく高価になる。さらに、平面以外の形状に仕上げるのが困難である。

（b）微細な孔加工を施した基板上に真空吸着する方法では、被加工物が上記微細孔部分でのみ吸着されるため、被加工物が部分的に変形する。また、大面積の加工用基板は高価であるうえ、平面以外の形状に仕上げるのが困難である。

（c）被加工物を基板上に部分的に接着する場合、接着

材では剥離が困難になる、接着部を剥がす際に被加工物に損傷を与える場合がある、高速の接着処理が困難であるなどの欠点がある。

【0006】(d)一方、裏面反射防止のために透明基板を用いた場合でも、表面反射が4%程度存在するし、表面保持が困難であるため孔加工を行う際に上記問題が伴う。

(e)裏面側を中空にする方法では、被加工物を平面度良く保持するのが難しい。薄膜材料では伸びや、撓みの影響が出る。また、高速の保持処理が困難であるし、大面積の被加工物を確実に保持するのが難しい。

(f)裏面保護用材料を接着する方法では保護材料の剥離が困難であり、剥離過程で被加工物に損傷を与える場合がある。また、大面積の被加工物全面に裏面保護用材料を接着することや、均一の厚みに接着することが困難である。

【0007】本発明は、上記問題点を鑑みなされたもので、その目的は、被加工物を基板等の保持部材に簡便・確実に保持すること、および穿孔加工時の保持部材裏面でのレーザー光の反射を防止することを簡単な構成で実現させ、さらに、被加工物の高速な搬送を可能にし、大面積の被加工物や曲面を有する被加工物にも的確に対応することができるレーザー加工方法および装置を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載のレーザー加工方法は、平坦面を有する保持部材の前記平坦面上に形成した粘着材層（接着材層の場合を含む。以下同じ）上に被加工物を粘着保持し、この被加工物に該被加工物側からレーザー光を照射して穿孔加工を行った後、被加工物から前記粘着材層を除去することを特徴とする。

【0009】請求項2に記載のレーザー加工方法は、曲面状の表面を有する保持部材の前記曲面上に形成した粘着材層上に被加工物を粘着保持し、この被加工物に該被加工物側からレーザー光を照射して穿孔加工を行った後、被加工物から前記粘着材層を除去することを特徴とする。

【0010】請求項3に記載のレーザー加工方法は、円筒状保持部材の外周面上に形成した粘着材層上に被加工物を粘着保持し、前記円筒状保持部材を回転させながら、この被加工物に該被加工物側からレーザー光を照射して穿孔加工を行った後、被加工物から前記粘着材層を除去することを特徴とする。

【0011】請求項4に記載のレーザー加工方法は、外周面に粘着材層を形成した円筒状保持部材を回転させるとともに、シート状またはフィルム状の被加工物を前記円筒状保持部材の回転方向と同一方向に走行させて被加工物を前記粘着材層上に接触させ、該接触面における粘着材層・被加工物間の相対的移動を伴うことなく被加工物を走行させながら、該被加工物側からレーザー光を照射して穿孔加工を行った後、被加工物から前記粘着材層を除

去することを特徴とする。

【0012】請求項5に記載のレーザー加工方法は被加工物と、シート状またはフィルム状の保持部材とを粘着材層を介して積層した積層体を加工ステージ上に保持し、前記積層体に被加工物側からレーザー光を照射して穿孔加工を行った後、被加工物から前記粘着材層を除去することを特徴とする。

【0013】請求項6に記載のレーザー加工方法は、被加工物を透明な材料からなる保持部材上に、紫外線硬化型接着剤による粘着材層を介して粘着させ、前記被加工物に該被加工物側からレーザー光を照射して穿孔加工を行った後、前記粘着材層に前記保持部材を介して紫外線を照射することにより前記粘着材層を硬化させてその粘着性を低下させた後、被加工物を前記硬化層から剥離することを特徴とする。

【0014】請求項7に記載のレーザー加工方法は、保持部材上に形成した粘着材層上に被加工物を粘着保持し、この被加工物をフォトマスクで覆い、該フォトマスク側からレーザー光を照射することにより、前記フォトマスクのパターンに対応した穿孔加工を行った後、被加工物から粘着材層を除去することを特徴とする。

【0015】請求項8に記載のレーザー加工方法は、請求項1～7のいずれか一つの項において、前記粘着材層がシリコン樹脂からなることを特徴とする。

【0016】請求項9に記載のレーザー加工装置は、外周面に粘着材層を形成した回転自在の円筒状保持部材と、シート状またはフィルム状の被加工物を前記円筒状保持部材の回転方向と同一方向に走行させて前記粘着材層上に接触させ、該接触面における粘着材層・被加工物間の相対的移動を伴うことなく被加工物を走行させた後、回収する被加工物の供給・回収装置と、前記円筒状保持部材にその外周側からレーザー光を照射するレーザー光源とを備えていることを特徴とする。

【0017】

【実施の形態】つぎに、本発明の実施の形態を、図面を参照して説明する。

実施の形態1（請求項1に対応）

図1はレーザー加工の工程説明図である。図1(a)に示すように、保持部材である平面基板1上に粘着材層2を形成し、この粘着材層2上に被加工物3を粘着保持する。ついで、レーザービーム4を被加工物3に、この被加工物3側から照射し、アブレーション作用によって穿孔加工を行う。この場合、レーザービーム（光）4は被加工物3に対する穿孔が完了するまで十分な時間照射する。このとき、被加工物3を通過した光は粘着材層2で吸収され、平面基板1による被加工物3の裏面側における反射の影響が低減され、図1(b)に示すように孔3aが形成される。その後、粘着材層2および平面基板1を被加工物3から除去することにより、図1(c)に示す加工品5が得られる。なお、必要があれば平面基板1を間

欠的に、または連続的に移動させながら加工を行うことで、パターン状の溝加工や連続的な孔加工が可能になる。

【0018】実施の形態2（請求項2に対応）

図2はレーザー加工の工程説明図である。図2（a）に示すように、保持部材である曲面基板6上に粘着材層2を形成し、この粘着材層2上に被加工物3を粘着保持する。ついで、レーザービーム4を被加工物3に、この被加工物3側から照射して穿孔加工を行う。以下、実施の形態1と同様の手順により、図2（b）に示す加工品5を得る。この実施の形態2では、レーザービーム4の照射中、その強度に対応したテーパ状の孔が形成されるが、最終的に加工品5を平坦状にすることで、孔3aのテーパの大きさを穿孔時より大きくすることができる。すなわち加工品5には、表面側の径より裏面側の径が大きい孔3aが形成されるが、この孔の勾配を穿孔時より大きくすることが可能となる。なお、必要があれば曲面基板6を間欠的に、または連続的に移動させながら加工を行うことで、パターン状の溝加工や連続的な孔加工が可能になる。

【0019】実施の形態3（請求項3に対応）

図3はレーザー加工の工程説明図である。図3（a）に示すように、ドラム状保持部材7の外周面上に粘着材層2を形成し、この粘着材層2上に被加工物3を粘着保持する。そして、図3（a）（b）のようにドラム状保持部材7を間欠的に回転させ、その回転が停止している間に、被加工物3にこの被加工物3側からレーザービーム4を照射して穿孔加工を行った後、被加工物3を粘着材層2から剥がす。ついで、この被加工物3に付着・残留する粘着材を除去する。これにより、図3（c）に示すように、孔3aが多数形成された加工品5が得られる。この加工方法によればフィルムに、長尺のスケールや連続した孔形状を形成することができる。

【0020】実施の形態4（請求項4、9に対応）

図4はレーザー加工装置およびこれによる穿孔方法を示す概略説明図である。図4（a）に示すように、フィルム供給装置8およびフィルム回収装置9を備えたフィルム走行装置（被加工物の供給・回収装置）10と、外周面に粘着材層2を形成したドラム状保持部材7とを配備する。このドラム状保持部材7を間欠的に回転させながら、フィルム供給装置8からフィルム状（またはシート状）の被加工物3を、ドラム状保持部材7の回転方向と同一方向に、かつ、これの周速度と同一速度で走行させる。すなわち、被加工物3を弛まない状態で走行させる。

【0021】そして、ドラム状保持部材7の回転が停止している間に、被加工物3にこの被加工物3側からレーザービーム4を照射して穿孔加工を行った後、被加工物3をフィルム回収装置9により回収する。ついで、この被加工物3に付着・残留する粘着材を除去する。これによ

り、図4（b）に示すように、孔3aが多数形成された加工品5が得られる。この加工装置・方法によれば、ロール状のフィルムに対する穿孔加工を高精度に行うことが可能となる。また、このレーザー加工装置では、円筒状保持部材7の回転周速度と、フィルム走行装置10による被加工物3の走行速度とを同一値に制御できるようにになっているが、この場合、これらの速度を互いに同一値に維持したまま高・低に制御できるように構成することが好ましい。

【0022】実施の形態5（請求項5に対応）

図5はレーザー加工の工程説明図である。図5（a）に示すように被加工物3と、保持部材である高分子フィルム11とを粘着材層2を介して積層した積層体12を用意する。この積層体12を図5（b）のように加工ステージ13上に保持し、積層体12に被加工物3側からレーザービーム4を照射して穿孔加工を行う。図5（c）のように、加工後の積層体12を加工ステージ13から回収した後、図5（d）のように積層体12から加工物5を剥がし、加工物5の裏面に残る粘着材を除去する。

【0023】実施の形態6（請求項6に対応）

図6はレーザー加工の工程説明図であり、以下の順序で穿孔加工を行う。

（1）スピコート22上に透明なガラス板21を固定する【図6（a）】。

（2）ガラス板21上に紫外線硬化型接着剤をスピコートして接着剤層23を形成する【図6（b）】。

（3）接着剤層23上に被加工物3を載せて接着保持する【図6（c）】。

（4）ガラス板21、接着剤層23および被加工物3からなる積層体24をスピコート22から取り外し、被加工物3側からこれにレーザービーム4を照射して、被加工物3に孔3aを形成する【図6（d）（e）】。

（5）UV光源25により紫外線を接着剤層23に、ガラス板21を介して照射して接着剤層23を硬化させる。これにより、接着剤層23の粘着力が低下する【図6（f）】。

（6）穿孔後の加工品5を接着剤層23（硬化樹脂層）から剥離する【図6（g）】。

【0024】実施の形態7（請求項7に対応）

図7はレーザー加工の工程説明図である。図7（a）に示すように、平面基板1上に粘着材層2を形成し、被加工物3を粘着材層2上にほぼ埋没状態で粘着保持し、さらにこの被加工物3をフォトマスク31で覆う。そして、このフォトマスク側31からレーザービーム4を照射する。これにより、フォトマスク31のパターンに対応した穿孔加工が行われる（パターンの転写）。その後、被加工物3を回収し粘着材を除去して、図7（b）に示す形態の加工物5を得る。

【0025】本発明では、上記粘着材層をシリコン樹脂で形成することが好ましい。その理由は入手が容易で

あること、材料に薄膜状に塗布することができること、金属との密着性も高く、接着するべき材料の選択範囲が広いことなどである。

#### 【0026】

【発明の効果】以上の説明で明かなように、本発明によれば以下の効果が得られる。

##### (1) 請求項1に係る発明

保持部材の平坦面上に形成した粘着材層上に被加工物を粘着保持することで、被加工物の全体を容易に、高い平面度で保持することが可能となる。これにより、被加工物の移動の際のずれや、部分的な変形を防止することができる。また粘着材層では、その粘性のために通常のアブレーション加工時のような孔形成が困難であり、たとえ一旦孔が形成された場合でも、周囲の材料がこの孔に回り込むため、粘着材層に完全な貫通孔が形成されることはない。さらに、穿孔加工の際にはレーザービームが粘着材層で吸収されるか、あるいはこれを透過するため、金属平板を使用したときとは違って、裏面反射の影響が少ない穿孔加工を行うことができる。

##### 【0027】(2) 請求項2に係る発明

保持部材の曲面上に形成した粘着材層上に被加工物を粘着保持することで、請求項1の発明による効果に加えて、曲面を有する被加工物の保持が可能となる。また、曲面にずれがある場合でも、粘着材料が間を埋めるため、高精度の保持が可能となる。さらに、曲面上に保持した被加工物をレーザービームで穿孔加工することで、加工品(穿孔後のフィルムなど)の孔・溝部のテーパ角を容易に制御することができるという効果がある。

##### 【0028】(3) 請求項3に係る発明

円筒状保持部材の外周面上に形成した粘着材層上に被加工物を粘着保持することで、請求項1、2の発明による効果に加えて、円筒状保持部材を回転させながら半連続的に、または連続的に穿孔加工を行うことができる効果がある。したがって、面積の大きな被加工物の穿孔加工を小さなスペースで行うことが可能となる。さらに、加工品の孔・溝部のテーパ角を容易に一定値に制御することができるという効果もある。

##### 【0029】(4) 請求項4、9に係る発明

円筒状保持部材の円筒面に保持したシート状またはフィルム状の被加工物を半連続的に、または連続的に供給しながら穿孔加工を行うようにしたので、請求項1、2、3の発明による効果に加えて、長尺の被加工物についての穿孔加工を高い生産性のもとで効率良く行うことができる効果がある。

##### 【0030】(5) 請求項5に係る発明

被加工物を構成部材とする所定の積層体を構成し、この積層体を加工ステージ上に保持して穿孔加工を行うため、被加工物が積層体中の粘着材により保持されるうえ、穿孔加工時の裏面反射の影響が少なくなるので、高精度の孔加工が可能となる。

##### 【0031】(6) 請求項6に係る発明

被加工物を紫外線硬化型接着剤による粘着材層を介して粘着させるため、請求項5の発明による効果に加えて、被加工物を通常の粘着材によるよりも強固に保持することができる(紫外線照射時以外のときの保持性能)効果がある。また、粘着材層の選択の幅が広くなり、粘着強度の調整も容易となる。さらに、透明材料からなる保持部材上に紫外線硬化型接着剤を塗布したものが、基板保持テープとして市販されているので、この請求項6の発明による穿孔加工を容易に実施することができる。

##### 【0032】(7) 請求項7に係る発明

被加工物をフォトマスク下で粘着材層により保持して穿孔加工を行うようにしたので、レーザービームをフォトマスク全面に照射することができ、被加工物の保持精度や振動の影響を低減することが可能となる。また、通常のコンタクトマスクを用いる場合よりもマスクの位置合わせが容易であるし、穿孔パターンの変更も簡便に行うことができる。

##### 【0033】(8) 請求項8に係る発明

シリコン樹脂は入手が容易であるうえ、このシリコン樹脂による粘着材層は容易に薄膜状に塗布することができる。また、金属との密着性も高く、接着するべき材料の選択範囲が広がる効果がある。

【0034】なお、本発明はインクジェットプリンタ用のインクジェットノズル、印刷用マスク、半導体装置のビアホール、マイクロマシンの作製に有効に応用することができる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1を示す工程説明図である。

【図2】本発明の実施の形態2を示す工程説明図である。

【図3】本発明の実施の形態3を示す工程説明図である。

【図4】本発明の実施の形態4に係るもので、レーザー加工装置の構成および、これによる穿孔方法を示す概略説明図である。

【図5】本発明の実施の形態5を示す工程説明図である。

【図6】本発明の実施の形態6を示す工程説明図である。

【図7】本発明の実施の形態7を示す工程説明図である。

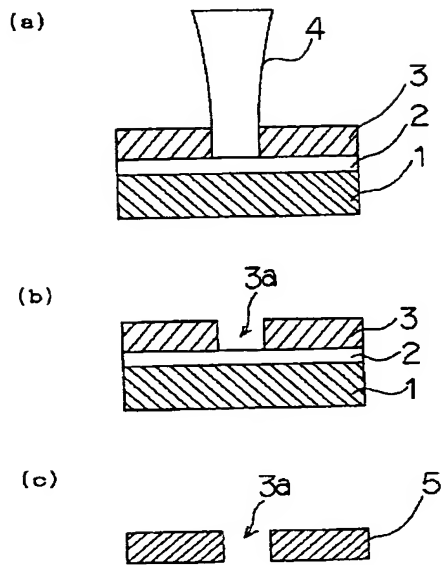
##### 【符号の説明】

- 1 平面基板(保持部材)
- 2 粘着材層
- 3 被加工物
- 3a 孔
- 4 レーザービーム
- 5 加工品

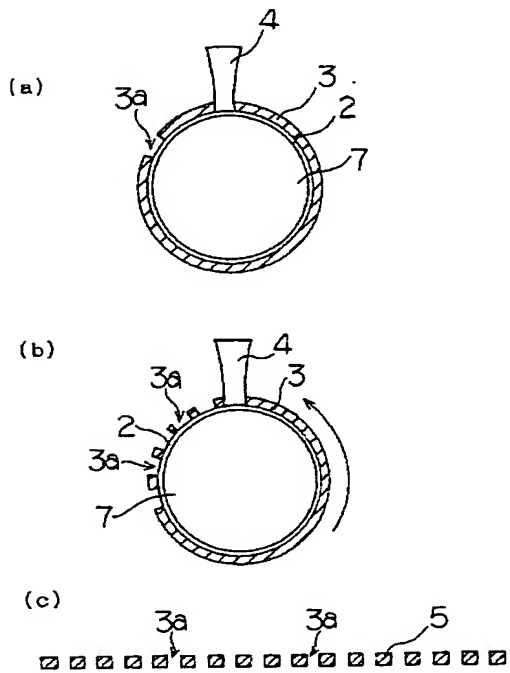
- 6 曲面基板（保持部材）  
 7 ドラム状保持部材  
 8 フィルム供給装置  
 9 フィルム回収装置  
 10 フィルム走行装置  
 11 高分子フィルム  
 12 積層体

- \* 13 加工ステージ  
 21 ガラス板  
 22 スピンコータ  
 23 紫外線硬化型接着剤層  
 24 積層体  
 25 UV光源  
 \* 31 フォトマスク

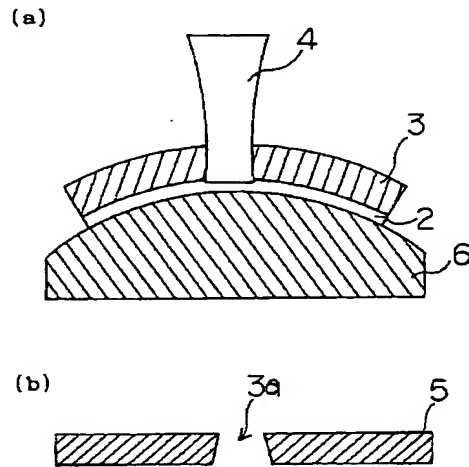
【図1】



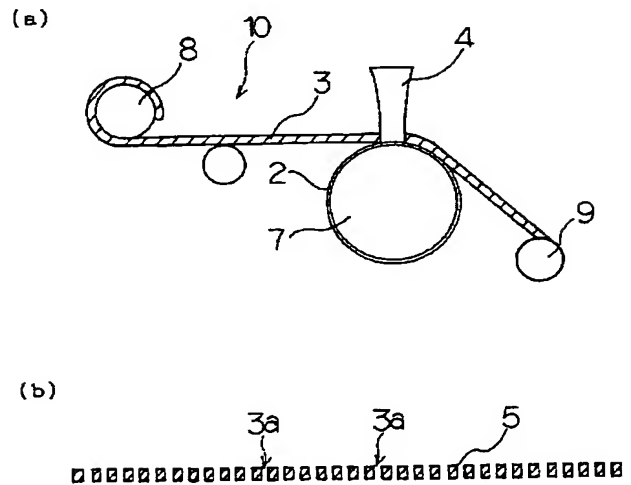
【図3】



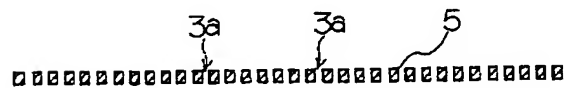
【図2】



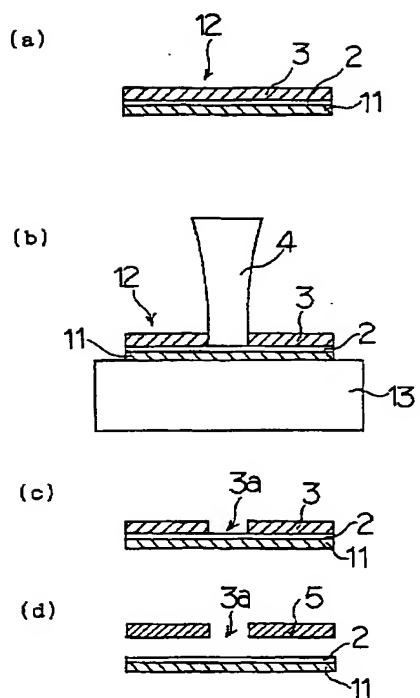
【図4】



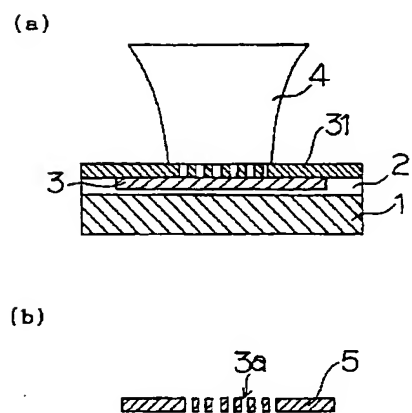
(b)



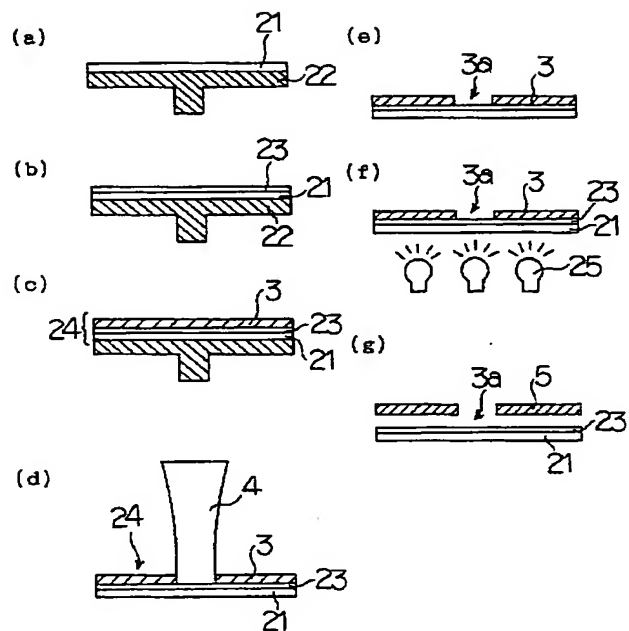
【図5】



【図7】



【図6】



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-347669

(43)Date of publication of application : 18.12.2001

(51)Int.Cl.

B41J 2/135  
B23K 26/00  
B23K 26/06  
G03F 7/20  
// B23K101:36

(21)Application number : 2000-171787

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 08.06.2000

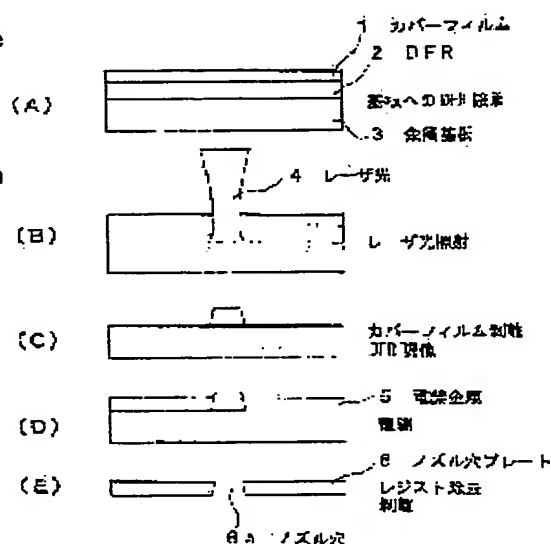
(72)Inventor : YAMADA YASUSHI  
OGAKI TAKASHI  
TEZUKA SHINJI  
OKUBO KATSUYUKI

## (54) METHOD FOR MAKING NOZZLE HOLE AND NOZZLE HOLE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for making a nozzle hole having desired upper and lower hole diameters by suppressing unevenness in the illuminance of irradiating light as much as possible, and to provide such a nozzle hole.

SOLUTION: In a method for making the nozzle hole of an ink jet head by electrodeposition using a resist pattern, the resist pattern is formed by laser exposure and the hole diameter is differentiated at the upper and lower parts of the resist pattern.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

BEST AVAILABLE COPY

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-347669

(P2001-347669A)

(43)公開日 平成13年12月18日(2001.12.18)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード(参考)
B 4 1 J 2/135		B 2 3 K 26/00	H 2 C 0 5 7
B 2 3 K 26/00		26/06	C 2 H 0 9 7
26/06			J 4 E 0 6 8
G 0 3 F 7/20	5 0 5	G 0 3 F 7/20	5 0 5
		B 2 3 K 101:36	
審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 7 頁) 最終頁に続く			

(21)出願番号 特願2000-171787(P2000-171787)

(22)出願日 平成12年6月8日(2000.6.8)

(71)出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72)発明者 山田 泰史

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

(72)発明者 大垣 傑

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

(72)発明者 手塚 伸治

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

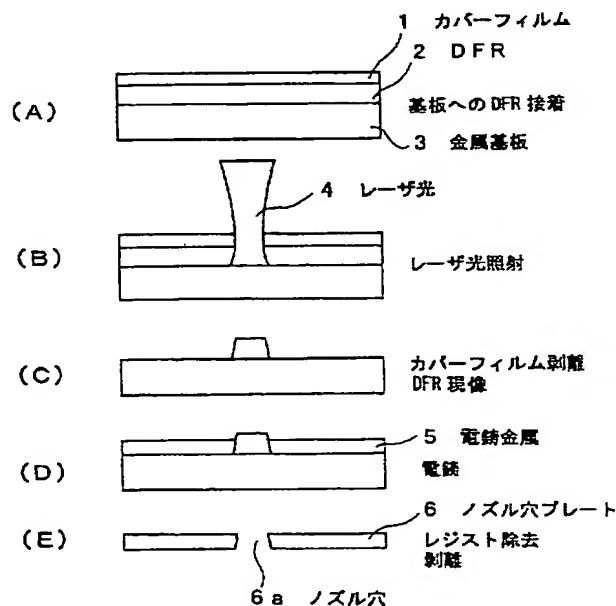
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ノズル穴の製造方法およびノズル穴

(57)【要約】

【課題】 照射光の照度ムラを極力無くし、所望の上下の穴径が得られるノズル穴の製造方法およびノズル穴を提供する。

【解決手段】 インクジェット方式ヘッドのノズル穴をレジストパターンと金属の電析により形成するノズル穴の製造方法において、前記レジストパターンの形成をレーザー露光により行い、該レジストパターンの上部と下部の穴径を変化させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 金属基板の略全面に、電鍍金属を残す為のレジストをコーティングする工程と、前記レジストに対してレーザ光を照射し、該レジストの必要部分と不要部分とを区分する工程と、前記レジストの不要部分を除去し、必要部分によりレジストパターンを作成する工程と、前記レジストパターンに対して金属の電鍍を行う工程と、前記電鍍後に前記レジストパターンを除去し、残された電鍍部分によりノズル穴を形成する工程とを含むことを特徴とするノズル穴の製造方法。

【請求項 2】 前記レジストを形成した基板（レジスト基板）の移動を行いながらレーザ光を制御し、レジストパターンを空間選択的に露光することを特徴とする請求項 1 記載のノズル穴の製造方法。

【請求項 3】 所望のノズル穴ピッチに対応した移動量に合せて信号を発生させ、該信号に同期してレーザ光照射を行うことを特徴とする請求項 2 記載のノズル穴の製造方法。

【請求項 4】  $f\theta$  ミラーを用いてレーザ光を集光し、該集光したレーザ光をガルバノミラーにより走査しながら露光を行うことを特徴とする請求項 1 記載のノズル穴の製造方法。

【請求項 5】 レーザ光をミラーにより分岐し、同一のレジストパターン形状を複数同時に作成することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 の何れか一つに記載のノズル穴の製造方法。

【請求項 6】 レーザ光をファイバを介して分岐し、該ファイバの出力により同時に複数のレジストパターン形成の露光をすることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 の何れか一つに記載のノズル穴の製造方法。

【請求項 7】 レーザ光を回折格子により分岐し、該分岐したレーザ光を  $f\theta$  ミラーにより集光し、同一のレジストパターン形状を同時に作成することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 の何れか一つに記載のノズル穴の製造方法。

【請求項 8】 前記レジストの表面またはレジストに近接して拡散板を設置することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 の何れか一つに記載のノズル穴の製造方法。

【請求項 9】 前記レジストの表面またはレジストに近接してピンホールを設け、該ピンホールを通して露光を行うことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 の何れか一つに記載のノズル穴の製造方法。

【請求項 10】 前記レジストをネガ型ドライフィルムにしたこと特徴とする請求項 1 乃至請求項 9 の何れか一つに記載のノズル穴の製造方法。

【請求項 11】 前記請求項 1 乃至請求項 10 の何れか一つに記載のノズル穴の製造方法により作成され、表面と裏面でノズル穴径が異なることを特徴とするインクジ

ェット方式ノズル穴。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ノズル穴の製造方法に関し、特に照射光の照度ムラを極力無くし、所望の上下の穴径が得られるノズル穴の製造方法およびノズル穴に関する。

## 【0002】

【従来の技術】図 10 はインクジェット方式のプリンタヘッド PH の概念図であり、該プリンタヘッドはノズル穴プレート 101 に複数のノズル穴 102 を形成してなる。このノズル穴 102 はインク液滴の微粒子化や均一球形化を達成する上で重要なファクタであり、ミクロンオーダの誤差精度が要求される。かかるノズル穴の形成手段として、従来、特開昭 63-3963 号公報の提案がある。この提案では、DFR（ドライフィルムレジスト）パターンを基に電析（電鍍を含む電気化学的作用による金属加工）によりノズル穴を形成している。

【0003】この特開昭 63-3963 号公報には DFR パターンの詳細なプロファイル（断面形状）に関する情報には触れられておらず、通常の露光工程では、望ましいノズル穴の形状プロファイルを得ることができず、通常平行光露光により上面と下面を同一径で形成していた。このとき DFR を利用した露光プロセスでは表面のカバーフィルムを通して露光するので、光が拡散する場合、その厚みでの拡散分を考慮してマスクの設計をしていた。

【0004】また、場所による照度ムラに起因する形状変化が問題となっていた。これに対しては高価なフライアイレンズ等で照度ムラを低減したり、照射エリアを限定することで対応してきた。また、このような露光法では作成する領域全面をフォトマスクにより覆って露光する必要がある、ノズル穴ピッチや径を変える場合には、その都度マスクを設計し直して対応していた。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、一般の密着露光を市販の DFR に行った場合、ノズル穴部のプロファイルを円錐台形状に設計することが困難であり、ノズル穴径が微細になるほどこの傾向は顕著となる。一般にインクジェット方式のプリンタノズル穴では、ノズル穴の形状は吐出側径が流入側径よりも小さい方が液の吐出効率が高く、この平行形状のノズル穴では吐出効率を犠牲にしていた。

【0006】また、照度ムラは作成されるレジストパターン形状に大きく影響を与えるため、特に微細で高精度のノズル穴を作成する場合には、照度ムラを極力なくした光学系配置をすることが望まれていた。更に、フォトマスクを用いた露光では、高価なフォトマスクを消耗品として準備する必要があり、径やピッチを変える場合や、プロセスの最適化を図る場合には、それに合わせて

20

30

40

50

多くのフォトマスクを製作する必要があった。

【0007】そこで本発明の課題は、照射光の照度ムラを極力無くし、所望の上下の穴径が得られるノズル穴の製造方法およびノズル穴を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するため本発明は、金属基板の略全面に、電鍍金属を残す為のレジストをコーティングする工程と、前記レジストに対してレーザ光を照射し、該レジストの必要部分と不要部分とを区分する工程と、前記レジストの不要部分を除去し、必要部分によりレジストパターンを作成する工程と、前記レジストパターンに対して金属の電鍍を行う工程と、前記電鍍後に前記レジストパターンを除去し、残された電鍍部分によりノズル穴を形成する工程とを含むことを特徴とする。このようにすれば、ノズル穴形状を広い範囲で作成することが出来る。また、集光型のレーザ光で露光することで、上面が小さく、下面の大きなノズル穴形状を作成することが出来る。

【0009】また、請求項2では、前記レジストを形成した基板（レジスト基板）の移動を行いながらレーザ光を制御し、レジストパターンを空間選択的に露光することを特徴とする。基板を移動することで、連続してノズル穴を作成することが可能となる。また移動に合わせて照射位置を変えることで、その方向に傾きを持つノズル穴形成が可能となる。

【0010】また、請求項3では、所望のノズル穴ピッチに対応した移動量に合せて信号を発生させ、該信号に同期してレーザ光照射を行うことを特徴とする。このように、基板の移動時にノズル穴の設計ピッチに合わせて信号を生成し、この信号で露光レーザ光を制御することで、移動と同期してレーザ光を照射することが可能となる。

【0011】また、請求項4では、 $f\theta$ ミラーを用いてレーザ光を集光し、該集光したレーザ光をガルバノミラーにより走査しながら露光を行うことを特徴とする。このように、レーザ光の走査をガルバノミラーで行うことで、ステージ移動に比べて高速にレーザ光を走査することが可能となる。

【0012】また、請求項5では、レーザ光をミラーにより分岐し、同一のレジストパターン形状を複数同時に作成することを特徴とする。このように、レーザをミラーで分割することで、同時に同一形状のノズル穴を多数形成することが可能となる。

【0013】また、請求項6では、レーザ光をファイバを介して分岐し、該ファイバの出力により同時に複数のレジストパターン形成の露光をすることを特徴とする。このように、レーザ光をファイバで分割することで、同一形状のノズル穴を多数同時に作成することが可能となる。

【0014】また、請求項7では、レーザ光を回折格子

により分岐し、該分岐したレーザ光を $f\theta$ ミラーにより集光し、同一のレジストパターン形状を同時に作成することを特徴とする。このように、回折光学素子でビームを分割することで、容易に多数個のノズル穴形成が可能となる。

【0015】また、請求項8では、前記レジストの表面またはレジストに近接して拡散板を設置することを特徴とする。このように、拡散板を用いることで、平行光により露光する場合でもノズル穴の形状を変化させることが可能となる。

【0016】また、請求項9では、前記レジストの表面またはレジストに近接してピンホールを設け、該ピンホールを通して露光を行うことを特徴とする。このように、レーザ光を、ピンホールを通して露光することでピンホールによる回折に合わせた形状を得ることが出来る。

【0017】また、請求項10では、前記レジストをネガ型ドライフィルムにしたことを特徴とする。このように、上記プロセスのレジストパターンにドライフィルムレジストを用いることで厚膜のレジストパターンの形成が容易となり、液体レジストパターンで必要な多層塗りやポストバーク、プリバーク処理などを省くことが出来、安定したノズル穴形成が可能となる。

【0018】また、請求項11では、前記請求項1乃至請求項10の何れか一つに記載のノズル穴の製造方法により作成され、表面と裏面でノズル穴径が異なることを特徴とする。このように、他のプロセスでは形成困難なノズル穴上面と下面との径の違いを容易に作成することが出来る。インクジェット方式のノズル穴では、液吐出部と流入部で径が異なる方が、吐出効率が高いことが知られており、そのため本製造法により作成されるノズル穴プレートは、液の吐出性能を高くすることが出来る。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明を図示の実施の形態に基づいて説明する。

【0020】(1) 第1の実施の形態

本発明での基本工程を、図1を用いて説明をする。

(A) 金属基板3に対してドライフィルムレジスト(DFR)2を接着(コーティング)する。なお、DFRにはカバーフィルム1が付いている。

(B) DFR面に対してレーザ光4を拡散して照射する。これにより必要部分と不要部分を区分する。

(C) カバーフィルム1を除去し、現像操作を行う。

(D) 得られたDFRパターンに対して電鍍(型作りを目的とした金属付加工法)を行う。

(E) レジストを除去し、電鍍金属5を金属基板3から剥離することで、プリンタ用ノズル穴が形成されたノズル穴プレート6を作成する。符号6aが完成したノズル穴である。

【0021】このときDFRの露光に、レーザ光として

10

20

30

40

50

あるいは拡散光を用いる。具体的には、集光レンズからの光をデフォーカスして照射する方式や、レーザ光を分割して多数の方向から照射する方式で対応することが出来る。

#### 【0022】(2) 第2の実施の形態

図2に本実施の形態を示す。多数ノズル穴の作成の場合は、基板3を移動ステージ7に載置して移動させ、連続的にノズル穴を露光する。また移動に同期してレーザ光の照射方向を制御することで、露光に関して前記第1の実施の形態と同様の作用を得ることができる。符号8は

#### 【0023】(3) 第3の実施の形態

図3に本実施の形態を示す。符号9はスリット、符号10は位置検出機、符号11はレーザコントローラ、符号12はレーザヘッドである。移動ステージ7に載置しての移動の際に、ノズル穴ピッチに合わせて信号を作成し、該信号によってレーザ光の照射タイミングを制御し、移動に同期して高速にレーザ光の照射を行うことが出来る。この信号作成にはリニアエンコーダ信号などを利用することが可能である。またピッチと同一のスケールを

#### 【0024】(4) 第4の実施の形態

図4に本実施の形態を示す。本実施の形態は、レーザ光走査による多数個ノズル穴の高速形成の場合である。レーザ光4の走査はカルバノミラー13等を用いることで、またレーザ光4の集光にはfθミラー14を用いることで、容易に本構成を実現出来る。レーザ光4を高速に走査することで、ステージ移動よりも高速にレジスト

#### 【0025】(5) 第5の実施の形態

図5に本実施の形態を示す。本実施の形態は、部分反射ミラー15によるレーザ光分割と、分割したレーザ光により多数個ノズル穴の一括露光法が可能である。符号16はレンズアレイを示す。ここで部分反射ミラー15からの出力は、反射率を調整し、全てのビームで同一とすることが望ましい。このとき以下の光学系は全く同一のものを利用できる。これにより精度良く、効率的に露光を行うことが出来る。

#### 【0026】(6) 第6の実施の形態

図6に本実施の形態を示す。本実施の形態は、分岐ファイバ17によるビーム分割と同時露光法を実行するものである。ファイバ17としてバンドルファイバを用いることで、容易に分割した多数のレーザ光を準備することが出来る。ファイバ17をシングルモード(単一モード)のものにすることで、より形状の整ったノズル穴を得ることが出来る。またファイバを近接して配置することで、効率的に高密度での露光を行うことが出来る。

#### 【0027】(7) 第7の実施の形態

図7に本実施の形態を示す。本実施の形態は、回折光学

素子(拡散板)18によるビームの分割と、そのレーザ光による多数個ノズル穴の一括露光法を実行するものである。回折光学素子18はビームを多数本に分割するよう設計する。この時ビームは平行光とするのが効率的で、この平行光をfθミラー14で集光することで、同時に多数のレーザ露光が出来る。このとき回折格子(拡散板)18とfθミラー14の距離を可変とすることで、露光ピッチ調整をすることが出来る。

#### 【0028】(8) 第8の実施の形態

図8に本実施の形態を示す。本実施の形態では、拡散板18を用いてレーザ露光を行う。拡散板18はレーザ照射位置にのみ存在してもよく、全面に配置する場合には、レーザ照射位置を走査することが可能となる。

#### 【0029】(9) 第9の実施の形態

図9に本実施の形態を示す。本実施の形態では、ピンホール19を用いてレーザ露光を行う。ピンホール19は複数個で構成されることが望ましく、このピッチは所望のノズル穴のピッチと同一にすることで、ピンホールの走査(移動)をすることなく、レーザ光の移動により所望ピッチのノズル穴を作成することができ、より効率的となる。またピッチが狭い場合は、レーザ光照射時に一括して多数個のノズル穴露光が可能となる。

#### 【0030】(10) 第10の実施の形態

本実施の形態は、レジストパターンを特にドライフィルムレジスト(DFR)を用いて形成するものである。DFRは液状レジストに比べ均一かつ比較的厚いレジスト層を容易に準備することができ、電鍍に対して耐久性のある材料を容易に入手することができる。従って、前述の各ノズル穴作成のプロセスを効果的に適用できる。

#### 【0031】(11) 第11の実施の形態

本実施の形態に係るノズル穴は、上記製造法により作成した上面と下面の径の異なるIJ(インクジェット)ヘッドノズル穴である。上記製造法によるノズル穴は上記広い範囲での上面径、下面径、テーパ角を有する。即ち、光の制御により上面穴径と下面穴径が異なる、テーパ部を有するノズル穴を作成することができ、例えば上面穴径と下面穴径の異なるもの(テーパ角の異なるもの)や、同一テーパ角度で上面穴径、下面穴径の異なるもの等を作成することが可能となり、加工範囲が広がる。

【0032】なお、前記各実施の形態ではノズル穴としてインクジェット方式用ノズル穴の場合を説明したが、その他のノズル穴(例えば、印刷用の版)に対しても本発明を適用可能であるのは勿論である。

#### 【0033】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、以下の効果を奏することができる。請求項1によれば、ノズル穴形状を広い範囲で作成することが出来る。集光型のレーザ光で露光することで、上面穴が小さく、下面穴の大きなノズル穴形状を作成することが出来る。これは

レーザ光の入射角を変えながら露光することでも調整可能である。またレーザ光を微細に集光することで、微細なノズル穴を形成することが出来、またその径の変化も、基板位置を移動させる、或いは光学系を調整するなどの方法で容易に実現することが出来る。このとき、一般の光露光で必要とされるフォトマスクは必要でなく、そのコストを低減することが出来る。また、レーザ光は照射強度が一定であり、その強度調整も容易であるので、ノズル穴径のパラツキの少ない製造法といえる。

【0034】請求項2によれば、基板を移動すること  
10 で、連続してノズル穴を作成することが可能となる。また移動に合わせて照射位置を変えることで、その方向に傾きを持つノズル穴形成が可能となる。これにより通常の光露光よりも形状制御範囲の広い作成法といえる。また、これにより多数のノズル穴のピッチをランダムに設定することが容易となり、コスト、開発時間に影響を与えるフォトマスクの作成なしで、ノズル穴プレート作成が可能となる。また、強度一定の光で多数の露光を行うことができるため、露光量の均一化が図れ、精度の高いノズル穴作成が可能となる。

【0035】請求項3によれば、基板の移動時にノズル  
20 穴の設計ピッチに合わせて信号を生成し、この信号で露光レーザ光を制御することで、移動と同期してレーザを照射することが可能となる。このときレーザ光強度、レーザ照射時間、移動速度を最適化することで、連続的に移動させながらレーザ露光をすることが可能となり、高速で安定した露光が可能となる。この場合移動ステージが安価なものでも高精度加工ができ、コストの低減と高速処理が可能となる。また、移動を反復的に行うこと  
30 で、レーザ強度変化に対する露光量のバラツキを低減することが出来、より安定したノズル穴形状の作成が可能となる。

【0036】請求項4によれば、レーザ光の走査をガル  
バノミラーで行うことで、ステージ移動に比べて高速にレーザ光を走査することが可能となる。これにより高速のノズル穴形成、低コスト化が期待できる。またこれとステージを組み合わせることで、より広い大面積のノズル穴形成が可能となる。

【0037】請求項5によれば、レーザ光をミラーで分  
割することで、同時に同一形状のノズル穴を多数形成  
40 することが可能となる。このときミラー間隔は例えば多数列ノズル穴の列間隔あるいは別プレートの同一場所とすることで、露光とノズル穴ピッチ移動を繰り返すことで、同時に一列のノズル穴を作成することが可能となる。このとき強度調整は部分反射ミラーの反射率を調整することで容易に調整が可能であり、レーザ照射位置の調整や変更も容易である。

【0038】請求項6によれば、レーザ光をファイバで  
分割することで、同一形状のノズル穴を多数同時に作成  
50 することが可能となる。ファイバは一方がバンドルされ

ているものを利用することも可能である。このファイバはシングルモードのものをを用いると、より微細で、きれいな円形ノズル穴を作成することが出来る。ファイバの出射位置を変えることで、容易にノズル穴ピッチを変えることが出来、またレンズアレイ素子のピッチに合わせて位置調整することで、高密度のノズル穴形成が可能となる。

【0039】請求項7によれば、回折光学素子でビーム  
を分割することで、容易に多数個のノズル穴形成が可能  
となる。これはレーザ光走査と異なり同時にレーザ光を分割して露光することが出来るため、レーザ光照射時間を高速に制御する必要がなく、CWレーザにて一括して露光を行うことが出来る。このとき回折光学素子のビームを等角度にし、ミラー位置を変えることで、容易にレーザ光の照射ピッチを制御することが可能となる。

【0040】請求項8によれば、拡散板を用いること  
で、平行光により露光する場合でもノズル穴の形状を変  
化させることが可能となる。また光学系が単純であるた  
め、低コストなプロセスとなる。また全面に拡散板を配  
置すれば、レーザ光の位置を調整するだけで、形状制御  
20 が実現できる。このときの表面径（上面径）は表面と拡散板の位置により変化するので、その位置を調整することで容易にノズル穴径を変化させることが出来る。

【0041】請求項9によれば、レーザ光を、ピンホ  
ールを通して露光することでピンホールによる回折に合  
わせた形状を得ることが出来る。このとき上記拡散板を併  
せて用いれば、ノズル穴のテーパ角をより広範囲で作成  
できる。このとき、ノズル穴を多数個配置し、そこにレ  
ーザ光を一括して照射することで、同時に多数のノズル  
穴を作成することが可能となる。またフォトマスクのよ  
うな全面に透過部を有するマスクを用いることで、レー  
ザ光を連続照射しながら露光が可能となる。このとき通  
常の光露光に対して露光量の均一性が高く、また大面積  
の加工が可能となる。

【0042】請求項10によれば、上記プロセスのレジ  
ストパターンにドライフィルムレジストを用いることで  
厚膜のレジストパターンの形成が容易となり、液体レジ  
ストパターンで必要な多層塗りやポストバーク、プリバ  
ーク処理などを省くことが出来、安定したノズル穴形成  
40 が可能となる。このとき通常の露光法で、フォトマスクと拡散板を用いてノズル穴を形成する場合には、ドライフィルムレジストのカバーフィルムにより露光形状の変化がおき、またフォトマスクから拡散して光が照射されるため、微細穴作成が困難であるが、レーザ露光ではカバーフィルムを剥がしての利用も可能であり、レーザ光の集光位置を制御することで、微細な穴形成も可能となる。

【0043】請求項11のノズル穴は、上記製造法によ  
り作成されたものである。本製造法では他のプロセスで  
50 は形成困難なノズル穴上面と下面との径の違いを容易に

作成することが出来る。インクジェット方式のノズル穴では、液吐出部と流入部で径が異なる方が、吐出効率が高いことが知られており、そのため本製造法により作成されるノズル穴プレートは、液の吐出性能を高くすることが出来る。またノズル穴径やテーパ角など広い範囲で作成することが出来るため、最も効率の高い円錐台形状を有することが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態の基本工程を示す図である。

【図2】同第2の実施の形態の基本工程を示す図である。

【図3】同第3の実施の形態の基本工程を示す図である。

【図4】同第4の実施の形態の基本工程を示す図である。

【図5】同第5の実施の形態の基本工程を示す図である。

【図6】同第6の実施の形態の基本工程を示す図である。

【図7】同第7の実施の形態の基本工程を示す図である。

【図8】同第8の実施の形態の基本工程を示す図である。

【図9】同第9の実施の形態の基本工程を示す図である \*

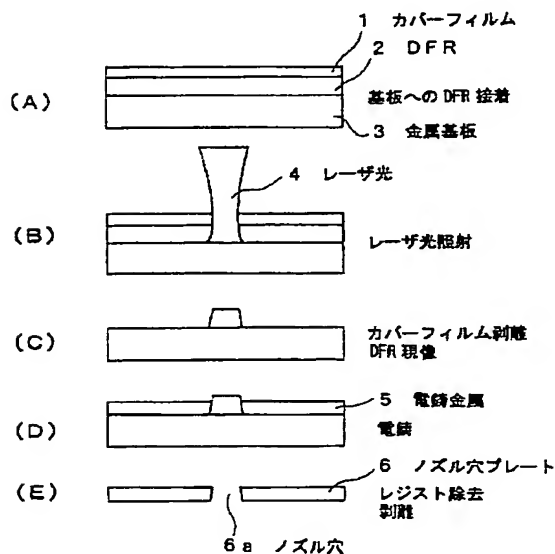
\*る。

【図10】インクジェット方式プリンタヘッドのノズル穴およびノズル穴プレートを示す斜視図である。

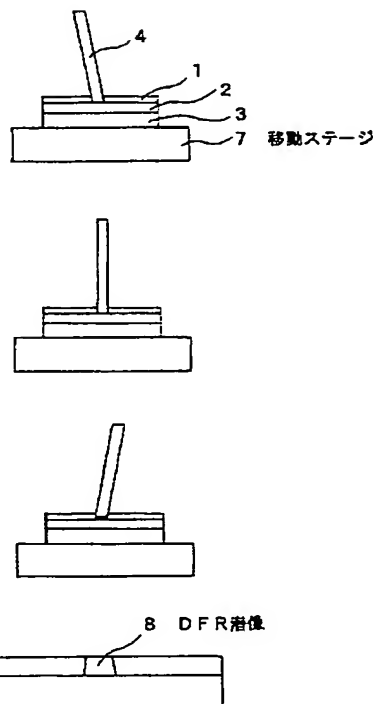
【符号の説明】

- 1 カバーフィルム
- 2 DFR
- 3 金属基板
- 4 レーザ光
- 5 電鍍金属
- 10 6 ノズル穴プレート
- 6 a ノズル穴
- 7 移動ステージ
- 8 DFR潜像
- 9 スリット
- 10 位置検出機
- 11 レーザコントローラ
- 12 レーザヘッド
- 13 ガルバノミラー
- 14 fθミラー
- 20 15 部分反射ミラー
- 16 レンズアレイ
- 17 分岐ファイバ
- 18 拡散板
- 19 ピンホール

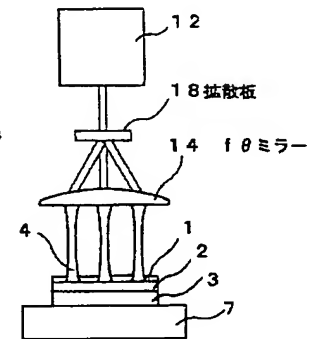
【図1】



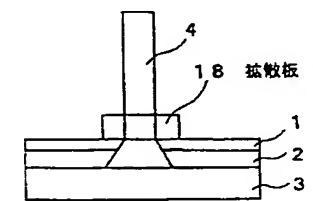
【図2】



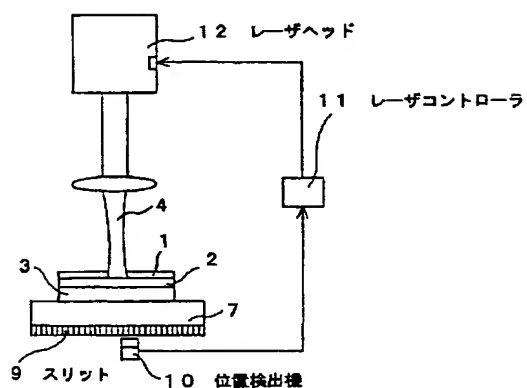
【図7】



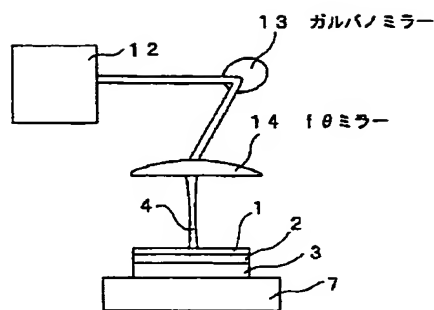
【図8】



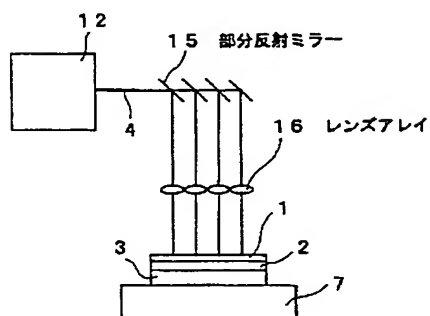
【図3】



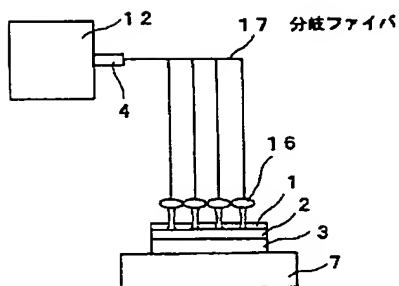
【図4】



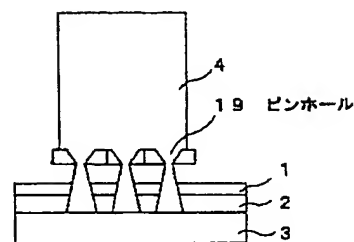
【図5】



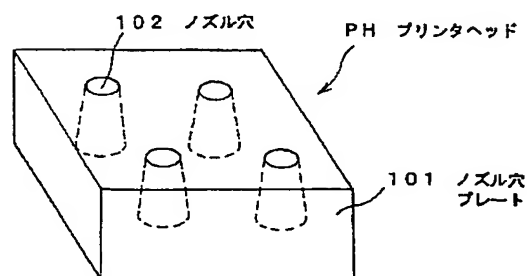
【図6】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>7</sup>  
// B 2 3 K 101:36

識別記号

F I  
B 4 1 J 3/04

テマコード(参考)

1 0 3 N

(72)発明者 大窪 克之  
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式  
会社リコー内

Fターム(参考) 2C057 AF24 AF93 AG12 AP13 AP23  
BA03  
2H097 AA03 CA17  
4E068 CA11 CD04 CD08 CD10 CD11  
CD14 CE03 CE08 DA09

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-178171

(43)Date of publication of application : 25.06.2002

(51)Int.Cl.

B23K 26/00  
B23K 26/12

(21)Application number : 2000-383109

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 18.12.2000

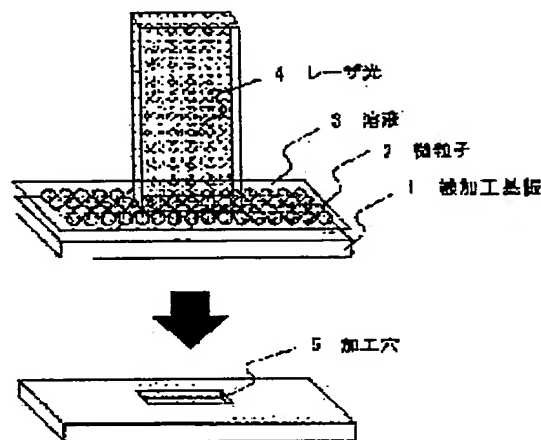
(72)Inventor : YAMADA YASUSHI

## (54) LASER BEAM PROCESSING METHOD AND OPTICAL ELEMENT

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize a laser beam processing method which enables processing with high processing surface accuracy.

SOLUTION: A solution 3 dispersed with particulates 2 is arranged in contact with the surface of a substrate 1 to be worked and is irradiated with a laser beam 4 from its surface, by which the substrate 1 to be worked is selectively removed and worked of only the segments irradiated with the laser beam 4.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY



Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-178171

(P2002-178171A)

(43) 公開日 平成14年6月25日 (2002.6.25)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

B 2 3 K 26/00

識別記号

26/12

F I

B 2 3 K 26/00

26/12

テームコード (参考)

A 4 E 0 6 8

G

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-383109 (P2000-383109)

(22) 出願日 平成12年12月18日 (2000.12.18)

(71) 出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72) 発明者 山田 泰史

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内

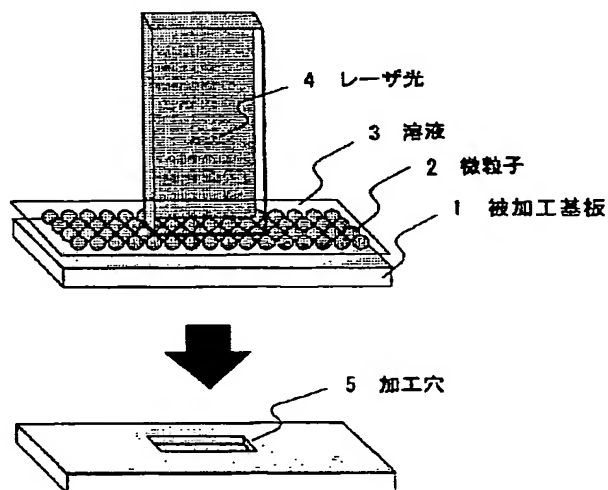
Fターム (参考) 4E068 AA00 CA01 CJ07 DA00

(54) 【発明の名称】 レーザ加工方法および光学素子

(57) 【要約】

【課題】 加工面精度の高い加工が可能なレーザ加工方法の実現を課題とする。

【解決手段】 微粒子2を分散した溶液3を被加工基板1の表面に接触して配置し、その表面からレーザ光4を照射して、被加工基板1をレーザ光4の照射部分のみ選択的に除去して加工する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 微粒子を分散した溶液を被加工対象物の表面に接触して配置し、その表面からレーザ光を照射することにより、前記被加工対象物の表面をレーザ光照射部のみ選択的に除去することを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項 2】 微粒子を分散した薄膜フィルムを被加工対象物の表面に接触して配置し、その表面からレーザ光を照射することにより、前記被加工対象物の表面をレーザ光照射部のみ選択的に除去することを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項 3】 被加工対象物が照射レーザ光に対して透明材料であり、微粒子分散材料をレーザ照射側と反対の表面である被加工面に接触して配置し、この微粒子分散材料のレーザ吸収により前記被加工対象物の被加工面を選択的に除去することを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項 4】 微粒子を分散したフィルム上に照射レーザ光に対して透明な被加工対象物を設置し、前記被加工対象物の表面からレーザ光を照射して、前記被加工対象物と前記微粒子分散フィルムとの接触面である被加工面を選択的に除去することを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項 5】 前記被加工対象物上に前記照射レーザ光に対して透明な基板材料を配置し、前記被加工対象物と前記透明基板の間に前記微粒子を分散した溶液を配置することを特徴とする請求項 1 に記載のレーザ加工方法。

【請求項 6】 少なくとも一面に表面形状を有する透明基板の表面形状面を前記被加工対象物側に配置することを特徴とする請求項 5 に記載のレーザ加工方法。

【請求項 7】 前記微粒子が研磨材料であることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 6 のいずれかに記載のレーザ加工方法。

【請求項 8】 前記微粒子が  $0.1 \mu\text{m}$  から  $10 \mu\text{m}$  であることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 7 のいずれかに記載のレーザ加工方法。

【請求項 9】 前記微粒子を分散した溶液を循環させながら加工することを特徴とする請求項 1 または請求項 3 または請求項 5 に記載のレーザ加工方法。

【請求項 10】 前記被加工対象物を回転させ、前記微粒子を分散した溶液を補充しながら加工することを特徴とする請求項 1 または請求項 3 または請求項 5 に記載のレーザ加工方法。

【請求項 11】 前記照射レーザ光が数十フェムト秒 (fs) から数十ピコ秒 (ps) の短パルスレーザであることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 10 のいずれかに記載のレーザ加工方法。

【請求項 12】 請求項 1 ないし請求項 11 のいずれかに記載のレーザ加工方法を用いて作成されることを特徴とする光学素子。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、レーザ加工方法と光学素子に関し、特に加工精度を向上したレーザ加工方法とそれによって作成される光学素子に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来のレーザ加工による材料の直接加工方法では、加工部の周辺の熱損傷のために  $1 \mu\text{m}$  以下程度の高精度の加工は困難であった。しかし、レーザ加工の中でもレーザアブレーション法では、ナノ秒程度ないしはそれ以下のパルス幅のレーザ光で材料表面を照射することで熱影響範囲を狭くすることができ、これによって他のレーザ加工法に比べて高精度の加工が可能であるといわれている。このレーザアブレーション加工法は、高分子を中心に 1980 年代前半から多くの研究がなされ、この方法を光学材料であるガラス、石英等に関して用いた報告も多くなされてきた。

【0003】 これらの工法を用いた光学素子の加工法の発明として、レーザ照射により直接材料の除去を行う工法（特開平 7-27910 号公報）、レーザ光を干渉させて加工を行う工法（特開平 8-220316 号公報）などがあげられる。また通常のウェットエッチングのような溶媒を用いたレーザ加工法として、レーザ照射による溶液の励起を用いる手法（特開平 3-62831、特開平 8-277478 号公報）等が提案されている。上記したレーザの直接加工法では、位置の空間選択性は比較的高くすることができ、レーザ照射方向の加工精度、加工面精度が高くできないという問題があった。これらから、従来は、通常レーザアブレーション加工法は、インクジェットノズルに代表される微細形状部品の加工や、薄膜の除去加工等に限定されて実用化されていた。

【0004】 ところで、光学素子に通常要求される加工面粗さは数ナノメートルから数百ナノメートルオーダーである場合が多く、基板へのレーザ光の侵入長さ、加工時の除去プロセス等から、これら高い面精度での加工は困難であり、これら光学面を有する材料に対してレーザ加工の適応は、従来、困難であった。通常、高精度面の加工はポリッシングやラッピング等の機械加工やドライエッチング法等で行われている。また、溶液を用いるウェット法では、これらの方法に比較して面精度は悪くなることが知られている。これは溶液を用いたレーザ誘起エッチング法の場合でも同様であり、溶液を用いたレーザによる加工法でも、高精度な光学面の加工は困難であった。

【0005】 レーザ加工法は空間選択性が高く、通常の大気環境下で高速に加工することが出来るメリットがあり、また、他の方法に比べクリーンな加工方法であるといえる。また、マイクロレンズアレイに代表されるような微細な形状を有する光学素子は機械加工が困難であり、多数のマスクやレジスト形状を転写するようなドライエッチングでも形状精度を高めることが困難であると

言われており、レーザによる直接加工法をこれらの材料に適用して、高精度面加工を行うことが望まれていた。

#### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】上述のごとく、従来のレーザによる加工方法には、位置の空間選択性が比較的高いという長所があるが、レーザ照射方向の加工精度、加工面精度が高くできないという問題があった。本発明は、比較的簡単な方法でこの問題を解決して、レーザ光のエネルギーを微粒子に吸収させ、この微粒子の励起により材料を加工することで、加工面精度の高いレーザ加工が可能なレーザ加工方法を実現することを課題とする。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を達成するため、本発明は、レーザ加工方法において、微粒子を分散した溶液を被加工対象物の表面に接触して配置し、その表面からレーザ光を照射することにより、前記被加工対象物の表面をレーザ光照射部のみ選択的に除去することを特徴とする。

【0008】また、レーザ加工方法において、微粒子を分散した薄膜フィルムを被加工対象物の表面に接触して配置し、その表面からレーザ光を照射することにより、前記被加工対象物の表面をレーザ光照射部のみ選択的に除去することを特徴とする。

【0009】さらにまた、レーザ加工方法において、被加工対象物が照射レーザ光に対して透明材料であり、微粒子分散材料をレーザ照射側と反対の表面である被加工面に接触して配置し、この微粒子分散材料のレーザ吸収により前記被加工対象物の被加工面を選択的に除去することを特徴とする。

【0010】さらにまた、レーザ加工方法において、微粒子を分散したフィルム上に照射レーザ光に対して透明な被加工対象物を設置し、前記被加工対象物の表面からレーザ光を照射して、前記被加工対象物と前記微粒子分散フィルムとの接触面である被加工面を選択的に除去することを特徴とする。これらにより、レーザ光のエネルギーを微粒子に吸収させ、この微粒子の励起により材料を加工することができ、加工面精度の高いレーザ加工が可能なレーザ加工方法を実現することができる。

【0011】さらにまた、これらの加工方法を用いて光学素子を作成する。これにより、面精度の高い光学素子を実現することができる。

#### 【0012】

【発明の実施の形態】本発明では、レーザ光のエネルギーを微粒子に吸収させ、この微粒子の励起により材料を加工することで、加工面精度の高いレーザ加工を実現可能にしている。本発明の加工は、レーザ光で励起された微粒子の基板への衝突あるいは電子遷移、エネルギー移動によるものと考えられ、レーザ光の調整と微粒子の形状・材料の選択により加工精度を制御することが可能に

なる。また、基板材料の加工が進むことで加工部の微粒子量が増加し、基板の凸部分を選択的に加工することが可能になる。これにより、レーザ照射位置での面精度の向上が期待できる。このとき、レーザの照射位置はマスク利用や光学系の調整により選択が可能であり、レーザ加工のメリットを生かしながら、高精度の面加工を実現することができる。また通常の加工では、レーザ光と被加工材料との相互作用により加工形態が変化することに対して、本手法ではレーザ光吸収が微粒子でおこなうことから、被加工材料、加工条件の選択幅を広げることが可能になる。

【0013】以下、本発明にかかるレーザ加工法を添付図面を参照にして詳細に説明することとする。

【0014】図1に本発明のレーザ加工法の一実施の形態の構成を示す。図1において、符号1は被加工基板、符号2は微粒子、符号3は溶液、符号4はレーザ光、符号5は加工穴である。

【0015】被加工基板1上には微粒子2を分散した溶液3を塗布し、表面に配置する。この溶液3は微粒子2が単層で保持される程度に粘度等を調整し、薄く塗布するようにする。溶媒はレーザ光の吸収が少ないことが望ましく、微粒子2の吸収エネルギーが基板に効率よく伝播されるように設定する。光学系やマスクにより空間選択されたレーザ光4は、図の微粒子側から照射され、微粒子2によりレーザ光4が吸収される。このレーザ光4によって励起された微粒子2により被加工基板1が加工され、微小な除去がなされる。微粒子分散溶液3は表面張力等により加工部に供給され、これらを繰り返すことで加工が進行し、加工穴5が形成される。

【0016】通常のレーザアブレーション法での被加工基板の直接励起では、レーザ吸収が基板内部にも侵入するため、レーザ照射方向の面精度の高精度化は困難であったが、本実施の形態のように微粒子からのエネルギー移動を用いることで、被加工基板の極表面のみを加工することが可能になる。また、加工は特にレーザ照射強度の強い表面で起こるため、レーザ照射を繰り返し行うことで、凸部から選択的に加工が進み、照射強度に応じた高精度な表面加工を実現することができる。また微粒子を用いるため、除去作用を微粒子の大きさ、材料、密度等によって制御することが可能になり、レーザ照射強度、レーザ波長等のレーザパラメータと併せて、基板材料に好適な制御を行うことが可能になる。またレーザ光の吸収を微粒子が担うことにより、レーザ光に対して透明な基板での加工も可能となり、石英基板などの紫外から近赤外域で透明な材料に対しても効率的な加工を行うことが可能になる。

【0017】図2に、本発明のレーザ加工法のための実施の形態の構成を示す。図2において、符号1は被加工基板、符号2は微粒子、符号4はレーザ光、符号5は加工穴、符号6は微粒子分散薄膜フィルムである。

【0018】被加工基板 1 上に微粒子 2 を分散したレーザ光 4 に対して透明なフィルム 6 を接触して表面に配置する。レーザ光 4 をこのフィルム 6 表面から照射することで、分散して微粒子を空間選択的に励起し、フィルム 6 下面の被加工基板 1 の加工を行う。このときフィルム 6 を固定したまま被加工基板 1 を移動し、レーザ照射を繰り返すことで、大面積の加工が可能になる。このように、微粒子をフィルムに分散した材料を用いることで、材料のハンドリングが容易で、微粒子分散材料の厚み制御が容易になる。またフィルム形状で微粒子を準備することで、被加工材料を移動しながら加工することも容易になり、広い領域の加工時に有利になる。

【0019】図 3 に本発明のレーザ加工法の他の実施の形態の構成を示す。図 3 において、符号 1 は被加工基板、符号 2 は微粒子、符号 3 は溶液、符号 4 はレーザ光、符号 5 は加工穴、符号 7 は溶液槽である。

【0020】微粒子 2 を分散した溶液 3 を溶液槽 7 中に準備し、そこに裏面が接触するように被加工基板 1 を固定する。被加工基板 1 での吸収が少ないレーザ光 4 を用い、空間選択的にエネルギーを調整して被加工基板 1 上から微粒子分散溶液 3 にレーザ光 4 を照射する。このときレーザ光 4 は透明基板である被加工基板 1 を通過し、微粒子 2 に吸収される。吸収したエネルギーにより微粒子 2 が励起されて被加工基板 1 を除去することにより加工が進む。このとき、微粒子 2 の濃度はレーザ加工形態により調整することができる。また溶媒の表面で加工が起きるため、溶媒の量の制御は不要となる。

【0021】図 4 に本発明のレーザ加工法の他の実施の形態の構成を示す。図 4 において、符号 1 は被加工基板、符号 2 は微粒子、符号 4 はレーザ光、符号 5 は加工穴、符号 8 は微粒子分散フィルム、符号 9 は移動ステージである。

【0022】被加工基板 1 は微粒子 2 を分散したフィルム 8 上に配置される。このとき微粒子分散フィルム 8 の厚みは任意に設定することができる。これを、移動ステージ 9 に設置して移動することで大面積の加工が可能になる。被加工基板 1 での吸収が少ないレーザ光を用い、空間選択的にエネルギーを調整して基板 1 上から微粒子分散フィルム 8 上にレーザ光 4 を照射する。レーザ光 4 は微粒子分散フィルム 8 で吸収され、このエネルギーにより基板 1 が加工される。本実施の形態では、微粒子 2 を分散したフィルム 8 を被加工基板 1 の裏面に配置することにより、フィルム厚の調整が不要になり、材料の入手がその分容易になる。

【0023】図 5 に本発明のレーザ加工法の他の実施の形態の構成を示す。図 5 において、符号 1 は被加工基板、符号 2 は微粒子、符号 3 は溶液、符号 4 はレーザ光、符号 5 は加工穴、符号 9 は移動ステージ、符号 10 は透明基板である。

【0024】被加工基板 1 上には透明基板 10 が空間を

あけて配置されている。この空間に微粒子分散溶液 3 を満たす。この透明基板 10 と被加工基板 1 との距離を調整することで、微粒子分散溶液 3 の厚みを制御する。ここで透明基板 10 の表面側から図 1 の構成と同様にレーザ光を照射することで、被加工基板 1 表面の加工を行うことができる。

【0025】本実施の形態では、微粒子分散溶液 3 を透明基板 10 で挟むことによって、微粒子分散溶液 3 の厚みを調整することが容易になる。これにより、溶液の流れによる屈折ゆがみ等を低減することができる。また狭い空間に微粒子分散溶液 3 が存在するため、毛細管現象により溶液が浸透され、表面の循環性が高くなる。このときレーザ照射強度を調整し、被加工基板 1 表面でのレーザ強度を高くすることで、透明基板の加工を除くことができ、透明基板にレンズ、回折機能を付加することで、高 NA での加工が可能になる。

【0026】図 6 に本発明のレーザ加工法の他の実施の形態の構成を示す。図 6 において、符号 1 は被加工基板、符号 2 は微粒子、符号 3 は溶液、符号 4 はレーザ光、符号 5 は加工穴、符号 9 は移動ステージ、符号 11 は加工透明基板である。

【0027】少なくとも一部に微細な溝あるいは穴形状を有する加工透明基板 11 を被加工基板 1 の表面に空間をあけて配置する。この空間に微粒子分散溶液 3 を満たし、この透明基板 11 表面からレーザ光 4 を照射する。このとき、加工透明基板 11 の溝あるいは穴により、微粒子分散溶液 3 の量あるいは基板との距離を変化させる。これにより微粒子 2 の少ない部分では加工量が多く、微粒子 2 の多い部分では加工が起きない等、照射エネルギーの被加工基板 1 表面への寄与を空間的に変化させることができ、空間選択的にレーザ加工を行うことができる。

【0028】このように、透明基板 11 に形状をつけ、この形状面を被加工基板 1 側に向けることにより、被加工基板 1 表面での微粒子量を空間選択的に制御することが可能になる。これにより、微粒子の多い部分ではレーザ光が基板 1 から遠い粒子で吸収されてしまうため、被加工基板 1 表面での加工は起こりづらくなり、逆に微粒子の少ない表面側では加工が効率的に起こるため、レーザ照射強度の調整なしに被加工物の空間選択的な加工が可能になる。このとき透明基板の位置を制御しながらレーザ照射を繰り返すことで、基板加工形状に近い形状への形状転写加工が可能になる。

【0029】上述の本発明のレーザ加工法では、微粒子にアルミナ、酸化セレン等の機械加工のポリシング等に用いる微粒子材料を用いることができる。これらは比較的容易に、粒子サイズを指定して入手することができる。また、研磨材として、加工対象に対する加工性の高いものを選んで用いることができ、効率的な加工が可能になる。

10

20

30

40

50

【0030】本発明のレーザ加工法では微粒子として0.01 $\mu$ mから10 $\mu$ m程度の微粒子を用いてレーザ加工をおこなう。通常のレーザ光の侵入長は数十 $\mu$ mから1 $\mu$ m程度であり、上記の大きさの微粒子を用いることで、エネルギーの大部分を微粒子全体で吸収することができ、特に効率的な微粒子加工が可能になる。また、これらの微粒子は研磨材料や導電粒子等で比較的入手が容易であり、溶液への分散の良い材料を選択して利用することが容易である。

【0031】図7に本発明のレーザ加工法の他の実施の形態の構成を示す。図7において、符号1は被加工基板、符号2は微粒子、符号3は溶液、符号4はレーザ光、符号7は溶液槽、符号12はポンプ、符号13はフィルタである。

【0032】図1、図3、図5に示した微粒子分散溶液3とレーザ光4の照射装置の構成に付加して溶液3の循環装置を用い、照射部表面の微粒子2を連続的に交換するようにする。循環にはポンプ12等を用いることができ、フィルタ13等によりゴミのろ過を行うことも可能である。このとき、被加工基板1の表面にレーザ光4を繰り返し照射することで、連続的に加工行う。また微粒子2の量あるいは液の厚みを制御しながらレーザ光を照射することで、より効率的な加工を行うことができる。溶液を循環させることで、常に被加工基板1の表面に微粒子2を供給することができ、連続的に高速で深い形状加工が可能になる。また、フィルタ13等を通して加工することで、異物の除去をおこなったり、微粒子の粒径制御を行うことが可能になる。

【0033】図8に本発明のレーザ加工法の他の実施の形態の構成を示す。図8において、符号1は被加工基板、符号2は微粒子、符号3は溶液、符号4はレーザ光、符号5は加工穴、符号14はスピナー、符号15はシリンジである。

【0034】ここでは被加工基板1をスピナー14等の回転装置に保持し、微粒子分散溶液3の濃度、粘度を微粒子2の供給により調整し、被加工基板1表面での微粒子量を調整する。微粒子2はシリンジ15等から連続的に供給され、スピナー14の回転により膜厚を調整しながら加工を行う。ロータリエンコーダ加工等の円形の連続パタンの加工の場合は、レーザ照射と回転位置決めを調整することで加工位置の設定を行う。

【0035】微粒子分散溶液3をスピナー14等で塗布しながら準備することで、薄膜状に微粒子2を表面に配置することができ、また連続的に微粒子2を供給することが可能になる。また回転方向の位置決めを行いながら加工する、あるいは回転位置に同期しながらレーザ光を照射することで、円形の連続したパターン加工が可能になる。これらを用いることで、非球面レンズやロータリエンコーダ用スリット等を高精度に加工することが可能になる。

【0036】本発明のレーザ加工法では、レーザ光源として、フェムト秒( $fsec=10^{-15}sec$ )からピコ秒( $psec=10^{-12}sec$ )の超短パルスレーザを用いる。これらはパルスが短く尖頭出力の高いエネルギー源として利用できる。これらはチタンサファイアレーザやパルス圧縮されたエキシマレーザ等を利用することが出来る。このように超短パルスレーザを用いることにより、尖頭出力の高いレーザによる加工が実現できる。これら極短パルスレーザを用いると、多光子吸収により高励起状態の実現が容易となり、またレーザ照射時の熱影響範囲を狭くできるため、より高精度、高効率な加工が可能になる。また、これらレーザでは金属などの熱伝導の高い微粒子を用いた場合でもアブレーション作用による被加工物の加工が可能になる。

【0037】本発明の光学素子では、請求項1から請求項10に記載されたレーザ加工法を用いることで、特に被加工材料にガラス、石英、透明高分子等のいわゆる光学材料を選択することで、高精度な形状、面精度を有する光学素子を実現することができる。これにより、ことに高いアスペクト比の形状を有する光学素子を実現することが可能であり、微小形状を必要とするマイクロレンズアレイや回折格子等として利用することが可能になる。

【0038】

【発明の効果】以上説明したように本発明の請求項1の発明は、微粒子を分散した溶液を被加工対象物の表面に接触して配置し、その表面からレーザ光を照射することにより、被加工対象物の表面をレーザ光照射部のみ選択的に除去することを特徴とする。これにより、レーザ光が微粒子に選択的に吸収される。この微粒子はレーザアブレーション作用により被加工基板表面に高速で衝突する。あるいは、微粒子の励起状態から被加工基板表面にエネルギー移動が発生する。これらのエネルギーにより、基板表面が除去され、レーザに照射された位置が選択的に加工される。通常のレーザアブレーション法での被加工基板の直接励起では、レーザ吸収が基板内部にも侵入するため、レーザ照射方向の面精度の高精度化は困難であったが、微粒子からのエネルギー移動を用いることで、被加工基板の極表面のみを加工することが可能になる。また、これは特にレーザ照射強度の強い表面で起こるため、レーザ照射を繰り返し行うことで、凸部から選択的に加工が進み、照射強度に応じた高精度な表面加工が実現できる。また、微粒子を用いるため、除去作用を微粒子の大きさ、材料、密度等により制御することが可能になり、レーザ照射強度、レーザ波長等のレーザパラメータと併せて基板材料に好適な制御を行うことが可能になる。またレーザ光の吸収を微粒子が担うことにより、レーザ光に対して透明な基板での加工も可能になり、石英基板などの紫外から近赤外域で透明な材料に対しても効率的な加工が可能になる。

【0039】本発明の請求項2の発明は、微粒子を分散した薄膜フィルムを被加工対象物の表面に接触して配置し、その表面からレーザ光を照射することにより、被加工対象物の表面をレーザ光照射部のみ選択的に除去することを特徴とする。このように、微粒子をフィルムに分散した材料を用いることで、材料のハンドリングが容易で、微粒子分散材料の厚み制御が容易になる。またフィルム形状で微粒子を準備することで、被加工材料を移動しながら加工することも容易になり、広い領域の加工時に有利になる。

【0040】本発明の請求項3の発明は、被加工対象物が照射レーザ光に対して透明材料であり、微粒子分散材料をレーザ照射側と反対の表面である被加工面に接触して配置し、この微粒子分散材料のレーザ吸収により被加工対象物の被加工面を選択的に除去することを特徴とする。このように、被加工基板の裏面を加工することで、溶液の厚み制御をする必要がなくなり、また溶液の屈折揺らぎによる照射位置ずれを低減することができる。また、レーザ加工が進んだ場合にも、微粒子は表面近傍に存在するため、連続的な加工が可能であり、このとき凸部周辺には微粒子が多く存在するため、凸部から選択的に加工され、表面粗さの低減された高精度加工が実現できる。また裏面を加工するため、表面側から形状観察を同軸上で行うことが可能になり、形状観察を行いながらの加工が可能になる。

【0041】本発明の請求項4の発明は、微粒子を分散したフィルム上に照射レーザ光に対して透明な被加工対象物を設置し、被加工対象物の表面からレーザ光を照射して、被加工対象物と微粒子分散フィルムとの接触面である被加工面を選択的に除去することを特徴とする。このように、微粒子分散フィルムを裏面に配置することで、フィルムの厚み調整が不要になり材料入手が容易になる。このとき、材料はフィルム全体に分散されている必要はなく、表面近傍にのみ存在すればよい。また裏面を加工することから請求項3の場合と同様、表面から同軸上に観察することが可能になる。

【0042】本発明の請求項5の発明は、被加工対象物上に照射レーザ光に対して透明な基板材料を配置し、被加工対象物と透明基板の間に微粒子を分散した溶液を配置することを特徴とする。このように、微粒子溶液を透明基板で挟むことで、微粒子分散溶液の厚みを調整することが容易になり、溶液の流れによる屈折ゆがみ等を低減することができる。また狭い空間に溶液が存在するため、毛細管現象により溶液が浸透され、表面の循環性が高くなる。このとき、レーザ照射強度を調整し、被加工物表面でのレーザ強度を高くすることで、透明基板の加工を除くことができ、透明基板にレンズ、回折機能を付加することで、高NAでの加工が可能になる。

【0043】本発明の請求項6の発明は、少なくとも一面に表面形状を有する透明基板の表面形状面を被加工対

象物側に配置することを特徴とする。このように、透明基板に形状をつけ、この形状面を被加工基板側に向けることにより、被加工物表面での微粒子量を空間選択的に制御することが可能になる。これにより、微粒子の多い部分ではレーザ光が基板から遠い粒子で吸収されてしまうため、被加工物表面での加工は起こりづらくなり、逆に微粒子の少ない表面側では加工が効率的に起こるため、レーザ照射強度の調整なしに被加工物の空間選択的加工が可能になる。このとき透明基板の位置を制御しながらレーザ照射を繰り返すことで、基板加工形状に近い形状への形状転写加工が可能になる。

【0044】本発明の請求項7の発明は、微粒子が特に研磨材料であることを特徴とする。このように、微粒子として研磨用材料を用いることで、微粒子を多くの材料から選択可能になり、廉価に様々な粒径で準備することが可能になる。また研磨材料は基板に対する加工性が高いものを利用することができ、効率的な加工を実現することができる。

【0045】本発明の請求項8の発明は、微粒子が0.01  $\mu\text{m}$  から10  $\mu\text{m}$  であることを特徴とする。通常のレーザ光の侵入長は数十  $\mu\text{m}$  から1  $\mu\text{m}$  程度であり、上記の大きさの微粒子を用いることで、エネルギーの大部分を微粒子全体に吸収することができ、特に効率的な微粒子加工が可能になる。またこれら微粒子は研磨材料や導電粒子等で比較的入手が容易であり、溶液への分散の良い材料を選択して利用することが容易である。

【0046】本発明の請求項9の発明は、微粒子を分散した溶液を循環させながら加工することを特徴とする。このように、溶液を循環させることで、常に被加工材料表面に微粒子を供給することが可能になり、連続的に高速に深い形状加工が可能になる。またフィルター等を通して加工することで、異物の除去を行ったり、微粒子の粒径制御を行うことが可能になる。

【0047】本発明の請求項10の発明は、被加工対象物を回転させ、微粒子を分散した溶液を補充しながら加工することを特徴とする。このように、微粒子分散溶液をスピナー等で塗布しながら準備することで、薄膜状に微粒子を表面に配置することができ、また連続的に微粒子を供給することが可能になる。また回転方向の位置決めを行いながら加工する、あるいは回転位置に同期しながらレーザ光を照射することで、円形の連続したパターン加工が可能になる。これらを用いることで、非球面レンズやロータリエンコーダ用スリット等を高精度に加工することが可能になる。

【0048】本発明の請求項11の発明は、照射レーザ光が数十フェムト秒 (fs) から数十ピコ秒 (ps) の短パルスレーザであることを特徴とする。このように、レーザ光のパルス幅をフェムト秒からピコ秒程度とすることにより、尖頭出力の高いレーザによる加工が実現可能になる。これら極短パルスレーザを用いると



11

多光子吸収により高励起状態の実現が容易になり、またレーザ照射時の熱影響範囲を狭くできるため、より高精度・高効率な加工が可能になる。またこれらレーザでは金属などの熱伝導の高い微粒子を用いた場合でもアブレーション作用による被加工物の加工が可能になる。

【0049】本発明の請求項12の発明は、被加工対象物を光学材料とし上記のレーザ加工を行うことで、従来光学面加工が困難であったレーザ法により光学素子の作製を可能にした。上記の加工方法による光学素子は、高いアスペクト比の形状を有することが可能であり、微小形状を必要とするマイクロレンズアレイや回折格子等として利用することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のレーザ加工法の一実施の形態の構成を示すブロック図。

【図2】本発明のレーザ加工法の実施の形態の構成を示すブロック図。

【図3】本発明のレーザ加工法の実施の形態の構成を示すブロック図。

【図4】本発明のレーザ加工法の実施の形態の構成を示すブロック図。

【図5】本発明のレーザ加工法の実施の形態の構成を示すブロック図。

\*

12

\*【図6】本発明のレーザ加工法の実施の形態の構成を示すブロック図。

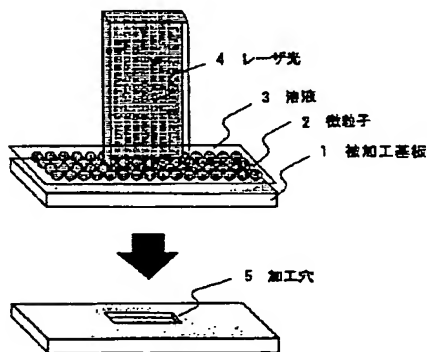
【図7】本発明のレーザ加工法の実施の形態の構成を示すブロック図。

【図8】本発明のレーザ加工法の実施の形態の構成を示すブロック図。

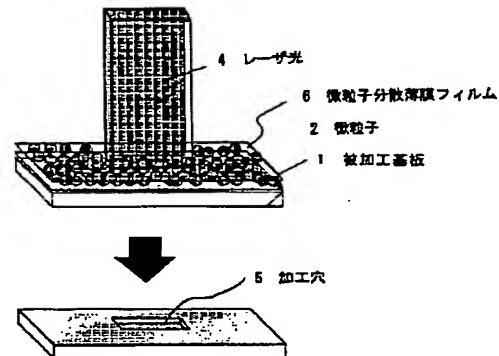
【符号の説明】

- |    |             |
|----|-------------|
| 1  | 被加工基板       |
| 2  | 微粒子         |
| 3  | 溶液          |
| 4  | レーザ光        |
| 5  | 加工穴         |
| 6  | 微粒子分散薄膜フィルム |
| 7  | 溶液槽         |
| 8  | 微粒子分散フィルム   |
| 9  | 移動ステージ      |
| 10 | 透明基板        |
| 11 | 加工透明基板      |
| 12 | ポンプ         |
| 13 | フィルタ        |
| 14 | スピナー        |
| 15 | シリンジ        |

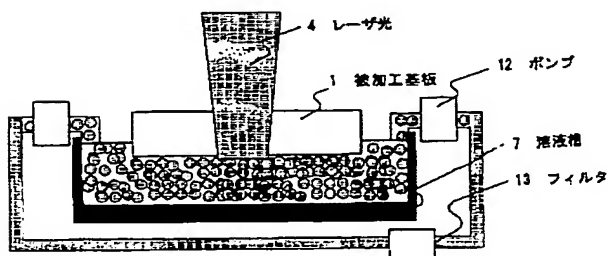
【図1】



【図2】

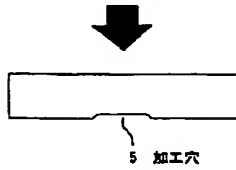
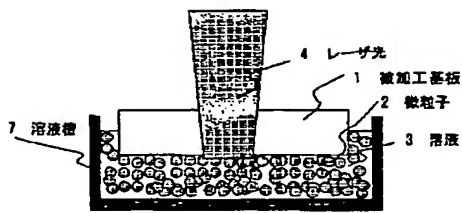


【図7】

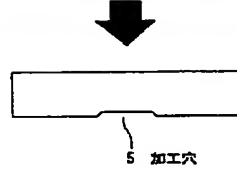
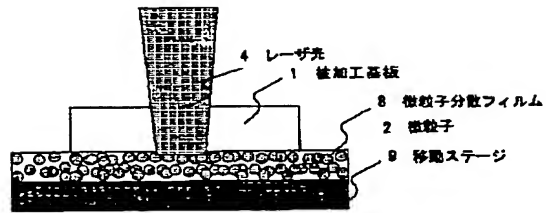




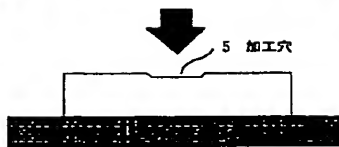
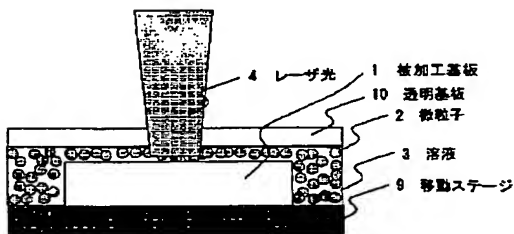
【図3】



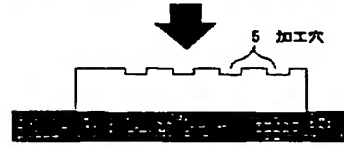
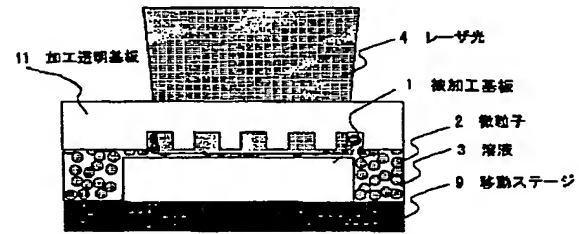
【図4】



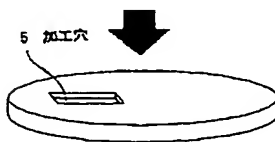
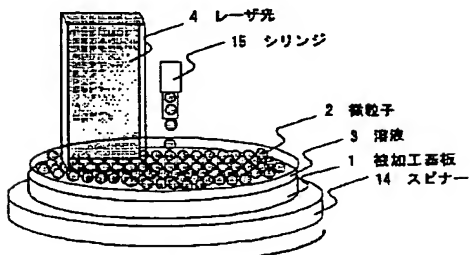
【図5】



【図6】



【図8】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-181678

(43)Date of publication of application : 02.07.2003

(51)Int.Cl.

B23K 26/18

B23K 26/00

G02B 5/18

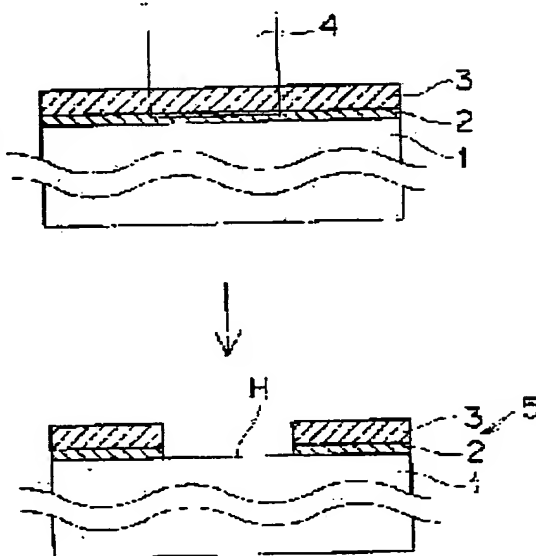
(21)Application number : 2001-385258

(71)Applicant : RICOH CO LTD  
INST OF PHYSICAL & CHEMICAL  
RES

(22)Date of filing : 18.12.2001

(72)Inventor : YAMADA YASUSHI  
MIDORIKAWA KATSUMI  
KUMAGAI HIROSHI**(54) METHOD FOR PROCESSING STEREOSCOPIC STRUCTURE, METHOD FOR MANUFACTURING STEREOSCOPIC ARTICLE, APPARATUS FOR PROCESSING STEREOSCOPIC STRUCTURE, AND STEREOSCOPIC STRUCTURE**

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method for processing a stereoscopic structure having an infinitesimal stereoscopic shape which has a smooth surface usable as an optical device.**SOLUTION:** The method for processing the stereoscopic structure comprises the steps of laminating a laser beam absorption thin film layer 2 and a transparent layer 3 on the layer 2 on a flat board 1, decreasing an injection pulse energy of the processing laser beam 4 to be absorbed to the layer 2 via the layer 3 to the same or smaller than the maximum injection pulse energy which can be exposed at a flat surface H of a boundary of the downstream side of the laser beam incident direction, increasing the injection pulse energy to the same or larger than the minimum input pulse energy in which the transparent layer of the laser beam incident direction upstream side can be removed, and absorbing the processing laser beam 4 to the layer 2 via the layer 3.**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

14.12.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

**BEST AVAILABLE COPY**

Searching PAJ

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-181678

(P2003-181678A)

(43)公開日 平成15年7月2日(2003.7.2)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テマコード(参考)

B 2 3 K 26/18

B 2 3 K 26/18

2 H 0 4 9

26/00

26/00

H 4 E 0 6 8

G 0 2 B 5/18

G 0 2 B 5/18

審査請求 未請求 請求項の数31 O L (全 22 頁)

(21)出願番号 特願2001-385258(P2001-385258)

(22)出願日 平成13年12月18日(2001.12.18)

(71)出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(71)出願人 000006792

理化学研究所

埼玉県和光市広沢2番1号

(72)発明者 山田 泰史

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式

会社リコー内

(74)代理人 100060690

弁理士 瀧野 秀雄

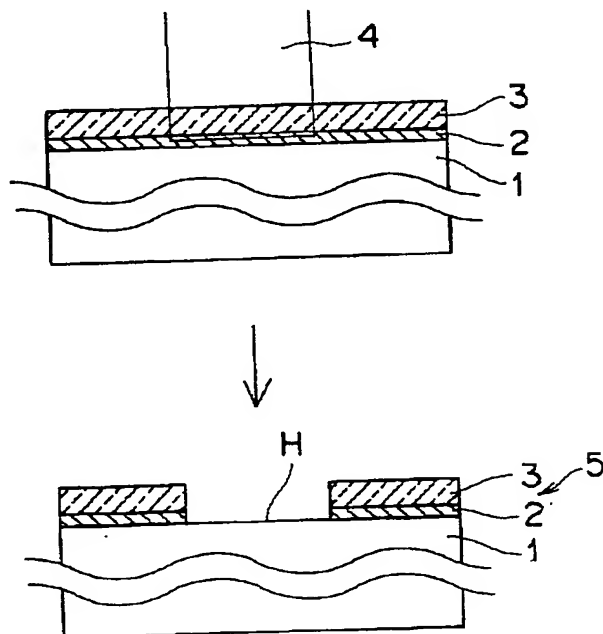
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 立体構造体の加工方法、立体形状品の製造方法、立体構造体の加工装置及び立体構造体

(57)【要約】

【課題】 光学デバイスとして利用可能な平滑面を有する微小な立体形状を有する立体構造体の加工方法を得る。

【解決手段】 平坦基板1上にレーザ光吸収薄膜層2とレーザ光吸収薄膜層2上の透明層3とを積層し、透明層3を介してレーザ光吸収薄膜層2へ吸収させる加工用レーザ光4の注入パルスエネルギーを、レーザ光入射方向下流側の界面の平坦面Hが露出できる最大注入パルスエネルギーと同じかより小さく、且つレーザ光入射方向上流側の透明層を除去できる最小入力パルスエネルギーと同じかより大きくし、この加工用レーザ光4を透明層3を介してレーザ光吸収薄膜層2に吸収させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 平坦基板上にレーザ光吸収薄膜層と該レーザ光吸収薄膜層上の透明層とを積層し、前記透明層を介して前記レーザ光吸収薄膜層へ吸収させる加工用レーザ光の注入パルスエネルギーを、レーザ光入射方向下流側の界面の平坦面が露出できる最大注入パルスエネルギーと同じかより小さく、且つレーザ光入射方向上流側の透明層を除去できる最小入力パルスエネルギーと同じかより大きくし、この加工用レーザ光を前記透明層を介して前記レーザ光吸収薄膜層に吸収させることを特徴とする立体構造体の加工方法。

【請求項 2】 前記レーザ光吸収薄膜層は前記平坦基板より熱拡散が高速であることを特徴とする請求項 1 に記載の立体構造体の加工方法。

【請求項 3】 前記加工用レーザ光は 1 パルスの照射により前記透明層の加工用レーザ光が透過した部分と前記レーザ光吸収薄膜層の加工用レーザ光が入射した部分とを共に除去することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の立体構造体の加工方法。

【請求項 4】 前記平坦基板上に該平坦基板より熱拡散が低速な断熱層を積層した後に、該断熱層上に前記レーザ光吸収薄膜層を積層することを特徴とする請求項 1 又は 3 に記載の立体構造体の加工方法。

【請求項 5】 前記レーザ光吸収薄膜層と前記透明層とは交互に複数対積層され、前記加工用レーザ光は、1 パルス照射につき 1 対のレーザ光吸収薄膜層及び透明層を除去し、1 パルスずつ選択的に照射をすることにより、深さが異なる除去部分を形成することを特徴とする請求項 3 に記載の立体構造体の加工方法。

【請求項 6】 前記加工用レーザ光は、エキシマレーザ光、固体レーザ光又はこれらの高調波光等のパルス幅が 100 ns 以下のレーザ光であることを特徴とする請求項 1～5 の何れかに記載の立体構造体の加工方法。

【請求項 7】 前記透明層は異なる厚さの透明層を備えることを特徴とする請求項 3 に記載の立体構造体の加工方法。

【請求項 8】 前記加工用レーザ光の照射をマスクパターンの転写により行うことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の立体構造体の加工方法。

【請求項 9】 前記平坦基板、レーザ光吸収薄膜層及び透明層から構成される積層体の位置と前記加工用レーザ光の照射位置との相対的な位置を変えて加工することを特徴とする請求項 1～8 の何れかに記載の立体構造体の加工方法。

【請求項 10】 前記加工用レーザ光を円形パターン状に集光して前記レーザ光吸収薄膜層に吸収させることを特徴とする請求項 3 に記載の立体構造体の加工方法。

【請求項 11】 前記加工用レーザ光を線状に集光して前記レーザ光吸収薄膜層に吸収させることを特徴とする請求項 3 に記載の立体構造体の加工方法。

【請求項 12】 請求項 1～11 の何れかに記載の立体構造体の加工方法により作製された立体構造体からその複製を作製し同一あるいは逆形状の立体形状品を作製することを特徴とする立体形状品の製造方法。

【請求項 13】 請求項 12 に記載の複製を光記録媒体用スタンパとして用いることを特徴とする立体形状品の製造方法。

【請求項 14】 請求項 12 に記載の複製を回折光学素子の金型として用い、該金型により複製を作製することを特徴とする立体形状品の製造方法。

【請求項 15】 平坦基板上にレーザ光吸収薄膜層と該レーザ光吸収薄膜層上の透明層とを積層した積層体の前記透明層を介して、前記レーザ光吸収薄膜層に加工用レーザ光を入射する加工用レーザ光発生手段と、該加工用レーザ光発生手段から前記透明層を介して前記レーザ光吸収薄膜層へ吸収させる加工用レーザ光の注入パルスエネルギーを、レーザ光入射方向下流側の界面の平坦面が露出できる最大注入パルスエネルギーと同じかより小さく、且つレーザ光入射方向上流側の透明層を除去できる最小入力パルスエネルギーと同じかより大きく調整する加工用レーザ光調整手段とを備えていることを特徴とする立体構造体の加工装置。

【請求項 16】 平坦基板上にレーザ光吸収薄膜層と該レーザ光吸収薄膜層上の透明層とを積層した積層体の前記透明層を介して、前記レーザ光吸収薄膜層へ吸収させる加工用レーザ光発生手段と、該加工用レーザ光発生手段と前記透明層との間に配置するマスク手段と、該マスク手段のパターンを被加工物上に転写する転写手段と、該加工用レーザ光発生手段から前記透明層を介して前記レーザ光吸収薄膜層へ吸収させるパルスエネルギーを、レーザ光入射方向下流側の界面の平坦面が露出できる最大注入パルスエネルギーと同じかより小さく、且つレーザ光入射方向上流側の透明層を除去できる最小入力パルスエネルギーと同じかより大きく調整する加工用レーザ光調整手段とを備えていることを特徴とする立体構造体の加工装置。

【請求項 17】 前記積層体位置と前記加工用レーザの加工位置との相対的な位置を調整する加工位置調整手段と、前記積層体の位置に同期させてレーザ光を制御するレーザ光制御手段とを備えていることを特徴とする請求項 16 に記載の立体構造体の加工装置。

【請求項 18】 前記マスク手段は、加工用レーザ光の透過パターンが可変であり、該透過パターンを変化させて同一箇所に複数回の加工用レーザ光を照射させることを特徴とする請求項 16 に記載の立体構造体の加工装置。

【請求項 19】 前記加工用レーザ光は、エキシマレーザ光、固体レーザ光又はこれらの高調波光等のパルス幅が 100 ns 以下のレーザ光であることを特徴とする請求項 16～18 の何れかに記載の立体構造体の加工装

置。

【請求項 20】 前記レーザ光吸収薄膜層と前記透明層とが交互に複数対積層された積層体に対して、1パルス照射につき1対のレーザ光吸収薄膜層及び透明層を除去し、1パルスずつ選択的に照射をする加工用レーザ装置を備えていることを特徴とする請求項15又は16に記載の立体構造体の加工装置。

【請求項 21】 平坦基板と、該平坦基板に向けて加工用レーザ光を透過する透明層と、前記平坦基板と前記透明層との間に配置され、前記加工用レーザ光のエネルギーを吸収するレーザ光吸収薄膜層とを積層して備え、前記透明層側から入射した前記加工用レーザ光が前記レーザ光吸収薄膜層に吸収されることにより前記透明層及び前記レーザ光吸収薄膜層の一部が除去された除去部と、前記レーザ光吸収薄膜層のレーザ光入射方向下流側に積層されている界面が除去されずに露出している除去部の底面とを備えていることを特徴とする立体構造体。

【請求項 22】 前記レーザ光吸収薄膜層はレーザ光入射方向下流側より熱拡散が高速であることを特徴とする請求項 21 に記載の立体構造体。

【請求項 23】 前記レーザ光吸収薄膜層は前記平坦基板より熱拡散が高速な材料層から構成されていることを特徴とする請求項 21 に記載の立体構造体。

【請求項 24】 前記平坦基板と前記レーザ光吸収薄膜層との間に前記平坦基板より熱拡散が低速な断熱層が積層されていることを特徴とする請求項 21 に記載の立体構造体。

【請求項 25】 前記レーザ光吸収薄膜層と前記透明層とは交互に複数対積層され、深さが異なる除去部分が形成されていることを特徴とする請求項 21～23 の何れかに記載の立体構造体。

【請求項 26】 前記透明層は異なる厚さの透明層を備えていることを特徴とする請求項 25 に記載の立体構造体。

【請求項 27】 前記レーザ光吸収薄膜層は金属薄膜であることを特徴とする請求項 21～26 の何れかに記載の立体構造体。

【請求項 28】 前記透明層は、ポリマーを薄膜状に形成したものであることを特徴とする請求項 21～27 の何れかに記載の立体構造体。

【請求項 29】 前記透明層は前記レーザ光吸収薄膜層より熱拡散が低速なセラミックスであることを特徴とする請求項 21～27 の何れかに記載の立体構造体。

【請求項 30】 前記積層体はマスクパターンの転写により加工されていることを特徴とする請求項 21～29 の何れかに記載の立体構造体。

【請求項 31】 請求項 21～30 の何れかに記載の立体構造体の表面に反射膜を形成したことを特徴とする立体構造体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、レーザビームの照射により被加工材料に直接微細な形状を形成する、立体構造体の加工方法、立体形状品の製造方法、立体構造体の加工装置及び立体構造体に関し、特にレーザ光1パルスで加工部底面が平滑でかつ加工深さ制御性の高い立体的形状を形成するためのものに関する。特に微細形状を必要とされる高精度部品形成を目的とし、光ディスクの記録ピット形成、その原盤である光ディスク成形用スタンパの形成方法、マルチレベル回折格子や回折型ホログラムなどの光学素子およびその原盤の作製方法、マイクロマシン、マイクロセンサー等の立体形状加工法、マイクロ構造体形成法、等の微細立体デバイスに関する。

【0002】

【従来の技術】従来、微細部品の高精度な立体的形状加工法としては、フォトリソグラフィを用いたエッチング技術が主に用いられてきた。これはレジスト材料に対して光を選択的に照射し、溶液処理することにより所望のパターンを形成し、そのレジストを利用して全面にエッチングを行い、そのレジスト以外の領域を選択的に除去する方法である。即ち、上記レジスト塗布から露光、定着、現像、被加工物のエッチング、レジスト除去の一連の作業により、加工部と被加工部の2つの領域を形成する。立体的な形状を作製する場合には、被加工物に対して新たにレジスト塗布を行い、加工位置形成部の精密な位置合わせをした後上記プロセスを繰り返す行う。

【0003】この従来のフォトリソグラフィによるエッチング工法での問題点は、レジスト処理、露光、現像、ベーク等の複雑なプロセスが必要であり、プロセスが複雑で多くの処理を必要とする。また、露光プロセスでは露光量によりレジストパターンが変化するため厳密かつ均一な露光強度（時間）制御をする必要がある。また、位置により深さが変わるような立体的加工では複数のマスクを使用して形状を制御する必要があり高価なマスクを多数作製する必要があった。また、深さを場所ごとに制御する場合には一度加工した基板に対して再度精密な位置合わせをする必要があり、さらに、一部が加工されている材料への露光は平面の基板に比べ露光条件が変化することがある。また、一部が立体的に加工された基板上へのレジストの塗布は、材料の凹凸により均一塗布が困難である。

【0004】微細部品の高精度な立体的形状加工法の他の例としては、レーザ加工による方法が用いられてきた。この従来のレーザ加工法による金属加工では、CO<sub>2</sub>やNd:YAGレーザの基本波などの高強度のレーザが用いられてきた。

【0005】近年は微細化の実現と、より高精度な加工を行うため、YAG、YLF、YVO<sub>4</sub>レーザなどの第二、第三高調波が用いられている。また微細加工用のレーザ光源としては、エキシマレーザに代表される紫外、

短パルスレーザが用いられる。

【0006】これは、代表値として波長157nmから309nmで、パルス幅が数nsから数十nsのレーザであり、特に同波長に対して吸収の高い高分子に対して、その熱拡散長に比較して非常に短いパルスのレーザによって照射部を除去するため、加工部の精度が高く熱的損傷が少ない工法として知られている。また近年金属等の微細加工法としてフェムト秒レーザを用いた手法が知られている。これは代表値として数十フェムト秒から数百フェムト秒のパルス幅を有するレーザを用いた加工法であり、代表的な光源にTi:Sapphireレーザがあげられる。これらは金属やセラミクス等多くの材料に対して微細で高精度な加工が可能であることが知られ、たとえば以下の論文、あるいは発明者である熊谷、緑川による以下論文に詳しい。

Appl. Phys. A 63, 109-115 (1996)

応用物理 67 (9), 1051 (1998)

O Plus E 21 (9), 1130 (1999)

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来のレーザ加工法によれば、例えばCO<sub>2</sub>やYAGレーザによる加工は、基本的に熱加工であり、高分子などの低融点材料はレーザ照射部付近が容易に熱変形、熔融してしまうため高精度加工が困難であった。また金属加工の場合においても、金属の早い熱伝播のため、加工部周辺に熱影響層が現れ、また金属の熔融、再固着による加工部周辺の形状悪化がみられる。これらの場合ともに加工部底面は熱変質のため表面精度は悪く、熔融痕の形状が現れてしまう。

【0008】またエキシマレーザやYAGレーザの高調波による加工では一般的にそのレーザ波長に対して吸収の高い材料のみでしか加工が困難であり、通常それは一部の高分子材料に限定される。その一部の材料の加工においてもレーザ加工部底面を均一の高さで平面性高く加工するのは困難であり、また高価な光学系を用いて厳密にビーム形状を制御する必要があった。この場合均一化光学素子によりマスク位置で強度を均一にしたレーザビームを縮小投影して加工する必要があるが、マスクの回折や分割したビームの干渉等により、均一な底面を有する立体的加工は困難であり、特に光学素子が必要とされる数十nmオーダーの加工底面の平坦化は困難であった。

【0009】パルス幅がサブピコからピコ秒であるTi:Sapphireレーザでのアブレーション加工の場合は、金属材料に対しても高精度な加工が可能であることが知られているが、この場合も前記アブレーションと同様その加工底面を平滑に加工するには高価な平坦加工用光学系を準備する必要がある。またこれらレーザは

通常ビーム横モードがシングルモードでマスクの回折やビーム同士の干渉を起こしやすく、スペックルパターンにより加工面の平滑性が低下する問題やレーザの偏光に起因した微細周期が発生し、その平滑な加工面を得ることが困難であることが明らかとなってきた。

【0010】また、従来のレーザによる薄膜層の加工としては、フォトリソ修正のための金属除去法が知られている。この金属除去法は、ガラス基板上に蒸着した金属薄膜の上面からレーザ光を照射し、その金属膜を熔融、気化することにより選択的に除去する手法である。また立体的な構造物製としては、レーザ吸収材料を積層した手法である特開平10-223504号公報、透明材料を用いた特開平10-137953号公報、特開平10-319221号公報があげられる。前者はエレクトロルミネッセンス素子の透明薄膜の除去法を示し、レーザアブレーションによる除去のエネルギーにより、上面の透明層の除去を行う。後者は反射型光学素子の作製法に関し、透過したレーザでのアブレーションによる反射膜の除去方法を示している。

20 【0011】しかしながら、従来のレーザアブレーションを用いた薄膜加工法においても、加工上面薄膜層の除去は可能であるが、加工部底面の表面粗度に関しては上記レーザアブレーションの状態と変わらないものといえる。また吸収のみで構成された材料の場合は、レーザ1照射により深い加工をすることが困難であり、深い加工を行った場合熱影響により加工部の品位が低下してしまう問題があった。また下面の吸収層を用いて上面を除去する手法では吸収層での加工も進むため立体的に深さ制御することが困難であるかあるいはレーザ光を多数回照射して深さを制御する必要があった。この場合立体的形状を光学デバイスで利用できるナノメータオーダーでの制御は困難であった。

【0012】そこで、本発明は、これら従来のレーザ加工での課題を解決し、特に光学デバイスとして利用可能な平滑面を有する微小な立体形状を有する、立体構造体の加工方法、立体形状品の製造方法、立体構造体の加工装置及び立体構造体を提供することをその目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために請求項1の発明は、平坦基板上にレーザ光吸収薄膜層と該レーザ光吸収薄膜層上の透明層とを積層し、前記透明層を介して前記レーザ光吸収薄膜層へ吸収させる加工用レーザ光の注入パルスエネルギーを、レーザ光入射方向下流側の界面の平坦面が露出できる最大注入パルスエネルギーと同じかより小さく、且つレーザ光入射方向上流側の透明層を除去できる最小入力パルスエネルギーと同じかより大きくし、この加工用レーザ光を前記透明層を介して前記レーザ光吸収薄膜層に吸収させることを特徴とする立体構造体の加工方法である。また、請求項2の発明は、前記レーザ光吸収薄膜層は前記平坦基板より



熱拡散が高速であることを特徴とする請求項 1 に記載の立体構造体の加工方法である。また、請求項 3 の発明は、前記加工用レーザー光は 1 パルスの照射により前記透明層の加工用レーザー光が透過した部分と前記レーザー光吸収薄膜層の加工用レーザー光が入射した部分とを共に除去することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の立体構造体の加工方法である。

【0014】また、請求項 4 の発明は、前記平坦基板上に該平坦基板より熱拡散が低速な断熱層を積層した後、該断熱層上に前記レーザー光吸収薄膜層を積層すること  
10 ことを特徴とする請求項 1 又は 3 に記載の立体構造体の加工方法である。また、請求項 5 の発明は、前記レーザー光吸収薄膜層と前記透明層とは交互に複数対積層され、前記加工用レーザー光は、1 パルス照射につき 1 対のレーザー光吸収薄膜層及び透明層を除去し、1 パルスずつ選択的に照射をすることにより、深さが異なる除去部分を形成することを特徴とする請求項 3 に記載の立体構造体の加工方法である。また、請求項 6 の発明は、前記加工用レーザー光は、エキシマレーザー光、固体レーザー光又はこれら  
20 の高調波光等のパルス幅が 100 ns 以下のレーザー光であることを特徴とする請求項 1 ～ 5 の何れかに記載の立体構造体の加工方法である。

【0015】また、請求項 7 の発明は、前記透明層は異なる厚さの透明層を備えることを特徴とする請求項 3 に記載の立体構造体の加工方法である。また、請求項 8 の発明は、前記加工用レーザー光の照射をマスクパターンの転写により行うことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の立体構造体の加工方法である。また、請求項 9 の発明は、前記平坦基板、レーザー光吸収薄膜層及び透明層から構成される積層体の位置と前記加工用レーザー光の照射位置との相対的な位置を変えて加工することを特徴とする  
30 請求項 1 ～ 8 の何れかに記載の立体構造体の加工方法である。

【0016】また、請求項 10 の発明は、前記加工用レーザー光を円形パターン状に集光して前記レーザー光吸収薄膜層に吸収させることを特徴とする請求項 3 に記載の立体構造体の加工方法である。また、請求項 11 の発明は、前記加工用レーザー光を線状に集光して前記レーザー光吸収薄膜層に吸収させることを特徴とする請求項 3 に記載の立体構造体の加工方法である。また、請求項 12 の発明は、請求項 1 ～ 11 の何れかに記載の立体構造体の加工方法により作製された立体構造体からその複製を作製し同一あるいは逆形状の立体形状品を作製することを  
40 特徴とする立体形状品の製造方法である。

【0017】また、請求項 13 の発明は、請求項 12 に記載の複製を光記録媒体用スタンパとして用いることを特徴とする立体形状品の製造方法である。また、請求項 14 の発明は、請求項 12 に記載の複製を回折光学素子の金型として用い、該金型により複製を作製することを  
50 特徴とする立体形状品の製造方法である。また、請求項

15 の発明は、平坦基板上にレーザー光吸収薄膜層と該レーザー光吸収薄膜層上の透明層とを積層した積層体の前記透明層を介して、前記レーザー光吸収薄膜層に加工用レーザー光を入射する加工用レーザー光発生手段と、該加工用レーザー光発生手段から前記透明層を介して前記レーザー光吸収薄膜層へ吸収させる加工用レーザー光の注入パルスエネルギーを、レーザー光入射方向下流側の界面の平坦面が露出できる最大注入パルスエネルギーと同じかより小さく、且つレーザー光入射方向上流側の透明層を除去できる  
10 最小入力パルスエネルギーと同じかより大きく調整する加工用レーザー光調整手段とを備えていることを特徴とする立体構造体の加工装置である。

【0018】また、請求項 16 の発明は、平坦基板上にレーザー光吸収薄膜層と該レーザー光吸収薄膜層上の透明層とを積層した積層体の前記透明層を介して、前記レーザー光吸収薄膜層へ吸収させる加工用レーザー光発生手段と、該加工用レーザー光発生手段と前記透明層との間に配置するマスク手段と、該マスク手段のパターンを被加工物上に転写する転写手段と、該加工用レーザー光発生手段から前記透明層を介して前記レーザー光吸収薄膜層へ吸収させる  
20 パルスエネルギーを、レーザー光入射方向下流側の界面の平坦面が露出できる最大注入パルスエネルギーと同じかより小さく、且つレーザー光入射方向上流側の透明層を除去できる最小入力パルスエネルギーと同じかより大きく調整する加工用レーザー光調整手段とを備えていることを特徴とする立体構造体の加工装置である。また、請求項 17 の発明は、前記積層体位置と前記加工用レーザーの加工位置との相対的な位置を調整する加工位置調整手段と、前記積層体の位置に同期させてレーザー光を制御するレーザー光制御手段とを備えていることを特徴とする請求項 16 に記載の立体構造体の加工装置である。また、請求項 18 の発明は、前記マスク手段は、加工用レーザー光の透過パターンが可変であり、該透過パターンを変化させて同一箇所に複数回の加工用レーザー光を照射させることを特徴とする請求項 16 に記載の立体構造体の加工装置。

【0019】また、請求項 19 の発明は、前記加工用レーザー光は、エキシマレーザー光、固体レーザー光又はこれら  
40 の高調波光等のパルス幅が 100 ns 以下のレーザー光であることを特徴とする請求項 16 ～ 18 の何れかに記載の立体構造体の加工装置である。また、請求項 20 の発明は、前記レーザー光吸収薄膜層と前記透明層とが交互に複数対積層された積層体に対して、1 パルス照射につき 1 対のレーザー光吸収薄膜層及び透明層を除去し、1 パルスずつ選択的に照射をする加工用レーザー装置を備えていることを特徴とする請求項 15 又は 16 に記載の立体構造体の加工装置である。また、請求項 21 の発明は、平坦基板と、該平坦基板に向けて加工用レーザー光を透過する透明層と、前記平坦基板と前記透明層との間に配置され、前記加工用レーザー光のエネルギーを吸収するレーザ

光吸収薄膜層とを積層して備え、前記透明層側から入射した前記加工用レーザー光が前記レーザー光吸収薄膜層に吸収されることにより前記透明層及び前記レーザー光吸収薄膜層の一部が除去された除去部と、前記レーザー光吸収薄膜層のレーザー光入射方向下流側に積層されている界面が除去されずに露出している除去部の底面とを備えていることを特徴とする立体構造体である。

【0020】また、請求項22の発明は、前記レーザー光吸収薄膜層はレーザー光入射方向下流側より熱拡散が高速であることを特徴とする請求項21に記載の立体構造体。また、請求項23の発明は、前記レーザー光吸収薄膜層は前記平坦基板より熱拡散が高速な材料層から構成されていることを特徴とする請求項21に記載の立体構造体である。また、請求項24の発明は、前記平坦基板と前記レーザー光吸収薄膜層との間に前記平坦基板より熱拡散が低速な断熱層が積層されていることを特徴とする請求項21に記載の立体構造体である。

【0021】また、請求項25の発明は、前記レーザー光吸収薄膜層と前記透明層とは交互に複数対積層され、深さが異なる除去部分が形成されていることを特徴とする請求項21～23の何れかに記載の立体構造体である。また、請求項26の発明は、前記透明層は異なる厚さの透明層を備えていることを特徴とする請求項25に記載の立体構造体である。また、請求項27の発明は、前記レーザー光吸収薄膜層は金属薄膜であることを特徴とする請求項21～26の何れかに記載の立体構造体である。

【0022】また、請求項28の発明は、前記透明層は、ポリマーを薄膜状に形成したものであることを特徴とする請求項21～27の何れかに記載の立体構造体である。また、請求項29の発明は、前記透明層は前記レーザー光吸収薄膜層より熱拡散が低速なセラミックスであることを特徴とする請求項21～27の何れかに記載の立体構造体である。また、請求項30の発明は、前記積層体はマスクパターンの転写により加工されていることを特徴とする請求項21～29の何れかに記載の立体構造体である。また、請求項31の発明は、請求項21～30の何れかに記載の立体構造体の表面に反射膜を形成したことを特徴とする立体構造体である。

#### 【0023】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

【第1実施形態】図1は本発明の第1実施形態に係る立体構造体の加工方法を示す図である。図1に示すように、この立体構造体5は、ガラス基板、Si基板、SUS基板等の表面が平坦に形成されている平坦基板1と、平坦基板1上に積層されているレーザー光吸収薄膜層2と、レーザー光吸収薄膜層2に向けて加工用レーザー光4を透過する透明層3とを備えている。なお、平坦基板1がSUS基板のとき、レーザー光吸収薄膜層として、Al、Cu、Ni等が使用できる。

【0024】さらに、立体構造体5は、透明層3側から入射した加工用レーザー光4がレーザー光吸収薄膜層2に吸収されることにより透明層3及びレーザー光吸収薄膜層2の一部が除去された微小な除去部と、レーザー光吸収薄膜層2のレーザー光入射方向下流側に積層されている界面、即ち本実施形態では平坦基板1の表面の平坦面Hが除去されずに露出している除去部の底面とを備えている。

【0025】図1に示すように、第1実施形態のレーザー加工方法では、加工用レーザー光4に対して吸収の高い材料でかつ熱伝導の高い材料を薄膜状に形成したレーザー光吸収薄膜層2を平坦基板1上に積層する。その後、レーザー光吸収薄膜層2の上に加工用レーザー光4に対して透過性の高い透明材料層である透明層3を積層する。平坦基板1および透明層3は熱伝導度がレーザー光吸収薄膜層2よりも低い材料から構成されていることが望ましい。

【0026】その後この積層体に対して透明層3側から加工用レーザー光4を照射する。加工用レーザー光4は透明層3を透過しその大部分のエネルギーがレーザー光吸収薄膜層2の表面で吸収されるように、これら2層の膜厚あるいはレーザー光強度を調整する。

【0027】この吸収されたエネルギーがレーザー光吸収薄膜層2内を伝播しそれによりレーザー光吸収薄膜層2の急激な温度上昇がおき、その結果、結合が弱い平坦基板1とレーザー光吸収薄膜層2との界面からレーザー光吸収薄膜層2の除去が起き、レーザー光吸収薄膜層2と同時にあるいは連続的に透明層3を除去する。レーザー光吸収薄膜層2及び透明層3の加工用レーザー光4の照射部分が除去された結果、平坦基板1の表面の平坦面Hが露出する。即ち除去部分の底面が平坦な立体構造体5が作製される。

【0028】通常のレーザー熱加工では、レーザー光を吸収した材料の熱拡散により照射領域から等方的に温度上昇が起きる。このとき除去は材料の温度がその溶融温度あるいは蒸発温度になった領域からおき、一般的に照射表面から底面にかけてレーザービーム強度に対応するような形状でかつ周囲に熱変質層が現れた加工痕となる。

【0029】本発明に係る第1実施形態によれば、レーザー光吸収薄膜層2を薄い層状に形成することで、加工用レーザー光4のエネルギーを選択的にレーザー光吸収薄膜層2のみに与えることが可能となる。通常レーザー光を吸収する吸収層が厚い場合には熱拡散により熱変質や溶融痕がレーザー照射部周囲あるいは加工部底面に残るが、薄膜化することでこれら熱的変質領域を非常に狭くすることが可能となる。

【0030】また基板上に吸収層のみを形成したものの加工では、高精度加工の実現のためには、上記等方的熱拡散のためレーザー1パルス照射による除去量を少なくする必要があるが、本発明の場合、レーザー光吸収薄膜層2上に透明層3を設けることにより、レーザー1パルス照射での除去量を増加させることが可能となる。

【0031】また透明層3を設けることにより、レーザ1パルス照射での除去量を透明層3の厚みにより可変することが可能となる。このとき除去は平坦基板1とレーザ光吸収薄膜層2との界面で起きるため、除去された部分の底面である平坦面Hの平滑性は平坦基板1の平滑性に依存し、表面が平滑な平坦基板1を用意することで、底面の平坦な高精度立体加工された立体構造体5が実現できる。

【0032】通常の高分子のレーザアブレーション加工では光吸収層に熱拡散の低い高分子等を用いる。しかしながらこの場合レーザ加工部は入力レーザ強度分布に大きく依存した形態となる。たとえばガウス型ビームを加工部に照射した場合、加工部はそのガウス型ビーム形状に近い形状となり、平坦な加工部を得ることは困難であった。

【0033】しかし本発明によれば、図1に示すように、レーザ照射部から高速に膜内を熱拡散しつつ除去が熱拡散層であるレーザ光吸収薄膜層2と平坦基板1との界面において選択的になされるため、レーザ強度分布に依存しない平滑面を得ることが可能となる。

【0034】本発明ではレーザ1パルスによる領域の一括除去が可能であることから従来のレーザアブレーションに比べ高速な除去加工の実現が可能となる。また加工深さが初期の膜厚により決定されるため、高精度な加工深さ制御が実現できる。

【0035】〔実施例1〕本発明の実施例1に係るレーザ加工方法を図1に沿って示す。図1に示すように、上面の積層面が平面に形成されているガラス基板、Si基板等の平坦基板1上、本実施例ではガラス基板上にNi薄膜等のレーザ光吸収薄膜層2を積層する。その上面にアクリル樹脂層、ITO膜等の光透過層である透明層3を積層する。この積層体に対して透明層3上からある強度に調整した加工用レーザ光4を空間選択的に照射する。

【0036】前記加工用レーザ光4のある強度とは、レーザ光吸収薄膜層2においてレーザ光のほとんどのエネルギーが吸収される強度である。即ち、透明層3を介してレーザ光吸収薄膜層2へ吸収させる加工用レーザ光4の注入パルスエネルギーE0を、レーザ光入射方向下流側の界面である平坦面Hが露出でき、且つ平坦面Hに損傷を与えない最大注入パルスエネルギーE1と同じかより小さく、且つレーザ光入射方向上流側の透明層3を除去できる最小入力パルスエネルギーE2と同じかより大きくし、この加工用レーザ光4を透明層3を介してレーザ光吸収薄膜層2に吸収させる。換言すれば、注入パルスエネルギーE0、最大注入パルスエネルギーE1及び最小入力パルスエネルギーE2の関係が $E2 \leq E0 \leq E1$ を満たすことが必要である。

【0037】この強度の加工用レーザ光4を照射したとき、レーザ光吸収薄膜層2では熱拡散により加工用レー

ザ光4のエネルギーがレーザ光吸収薄膜層2内を伝播し、レーザ光吸収薄膜層2が高温となる。このときレーザ光吸収薄膜層2と平坦基板1との界面から剥離がおき、レーザ光吸収薄膜層2の蒸発、剥離と同時に透明層3の除去を起こす。その結果、レーザ照射部でレーザ光吸収薄膜層2及び透明層3のみの除去が達成され、平坦基板1の平坦な表面が露出して除去部分の底面が平滑性の保たれた平坦面Hとなり、立体構造体5を得ることができ、立体的な形状加工が実現される。

【0038】〔第2実施形態〕図2は本発明の第2実施形態に係る立体構造体の加工方法を示す図である。図2に示すように、この立体構造体5は、ガラス基板、Si基板、SUS基板等の表面が平坦に形成されている平坦基板1と、平坦基板1上に積層されている断熱層6と、断熱層6上に積層されているレーザ光吸収薄膜層2と、レーザ光吸収薄膜層2に向けて加工用レーザ光4を透過する透明層3とを備えている。

【0039】さらに、第2実施形態の立体構造体5は、透明層3側から入射した加工用レーザ光4がレーザ光吸収薄膜層2に吸収されることにより透明層3及びレーザ光吸収薄膜層2の一部が除去された微小な除去部と、レーザ光吸収薄膜層2のレーザ光入射方向下流側に積層されている界面、即ち本実施形態では断熱層6の表面の平坦面Hが除去されずに露出している除去部の底面とを備えている。

【0040】図2に示すように、第2実施形態のレーザ加工方法では平坦基板1上に表面が平滑になるように第一材料層としての断熱層6を積層する。これは断熱材料の塗布、スピンコート、ディッピング、蒸着等の方法により実現できる。その上面に加工用レーザ光4に対して吸収の高い材料でかつ熱伝導の高い材料からなるレーザ光吸収薄膜層2を積層する。さらにレーザ光吸収薄膜層2の上面に加工用レーザ光4に対して透過性の高い透明材料層としての透明層3を断熱層6と同様の方法により積層する。断熱層6および透明層3の各材料は熱伝導度がレーザ光吸収薄膜層2を構成する材料よりも低いものであることが望ましい。

【0041】その後、この積層体に対して透明層3側から加工用レーザ光4を照射する。加工用レーザ光4は透明層3を透過しその大部分のエネルギーがレーザ光吸収薄膜層2の表面で吸収されるように、これら2層の膜厚あるいはレーザ光強度を調整する。

【0042】このレーザ光吸収薄膜層2に吸収されたエネルギーがレーザ光吸収薄膜層2内を伝播し、それによりレーザ光吸収薄膜層2の急激な温度上昇がおき、結果結合が弱い平坦基板1とレーザ光吸収薄膜層2との界面からレーザ光吸収薄膜層2の材料の除去が起き、レーザ光吸収薄膜層2と同時にあるいは連続的に透明層3を除去する。

【0043】第2実施形態によれば、第1実施形態の効

果に加え、断熱層 6 を付加することで平坦基板 1 の材料の選択幅が増し、より平坦度の低い材料の利用が可能となる。さらに断熱層 6 として例えばセラミック材料に代表される耐熱材料を用いることで、加工用レーザ光 4 の照射加工部底面の加工精度を高めたまま、加工用レーザ光 4 の強度を高くし、加工用レーザ光 4 の 1 パルス照射による除去量を向上させることが可能となる。また断熱層 6 として例えばポリイミドに代表される高分子などの低熱伝導材料を用いることで、効果的にレーザ光吸収薄膜層 2 の温度上昇を誘起することが可能となり、低エネルギーでの高速加工が可能となる。

【0044】【実施例 2】本発明の実施例 2 に係るレーザ加工方法を図 2 に沿って示す。図 2 に示すように、上面の積層面が平面に形成されているガラス基板、Si 基板等の平坦基板 1、本実施例ではガラス基板上に平坦基板 1 より熱拡散率の低いポリイミド等の低熱拡散率材料からなる断熱層 6 を層状に塗布する。その平坦な断熱層 6 の上面に Al 薄膜、Cu 薄膜、Ni 薄膜等の金属膜等のレーザ光吸収薄膜層 2 を積層する。本実施例では Ni 薄膜とした。そのレーザ光吸収薄膜層 2 の上面に、例えばアクリル樹脂、ITO 膜などの光透過層である透明層 3 を積層する。

【0045】この積層体に対して透明層 3 上からある強度に調整したフェムト秒チタンサファイアレーザ光（フェムト秒 Ti:Sapphire レーザ光）等の加工用レーザ光 4 を空間選択的に照射する。この照射によりレーザ光吸収薄膜層 2 において加工用レーザ光 4 のほとんどのエネルギーが吸収され、その後あるいはレーザ照射中の熱拡散によりそのエネルギーがレーザ光吸収薄膜層 2 内を伝播し、レーザ光吸収薄膜層 2 が高温となる。このとき断熱層 6 で熱拡散は制限され、その結果、レーザ光吸収薄膜層 2 が断熱層 6 から剥離される。このときレーザ光吸収薄膜層 2 の蒸発、剥離と同時に透明層 3 の除去を起こす。その結果、レーザ照射部でレーザ光吸収薄膜層 2 及び透明層 3 のみの除去が達成され、断熱層 6 の平坦な表面が露出して除去部分の底面が平滑性が保たれた平坦面 H となり、立体構造体 5 を得ることができ、立体的な形状加工が実現される。

【0046】【第 3 実施形態】図 3 は本発明の第 3 実施形態に係る立体構造体の加工方法を示す図である。図 3 に示すように、この立体構造体 7 は、ガラス基板、Si 基板、SUS 基板等の表面が平坦に形成されている平坦基板 1 と、平坦基板 1 上に積層されているレーザ光吸収薄膜層 2 a と、レーザ光吸収薄膜層 2 a 上に積層され、レーザ光吸収薄膜層 2 a に向けて加工用レーザ光 4 を透過する透明層 3 a と、透明層 3 a 上に積層されているレーザ光吸収薄膜層 2 b と、レーザ光吸収薄膜層 2 b 上に積層され、レーザ光吸収薄膜層 2 b に向けて加工用レーザ光 4 を透過する透明層 3 b と、透明層 3 b 上に積層されているレーザ光吸収薄膜層 2 c と、レーザ光吸収薄膜

層 2 c 上に積層され、レーザ光吸収薄膜層 2 c に向けて加工用レーザ光 4 を透過する透明層 3 c とを備えている。

【0047】さらに、立体構造体 7 は、透明層 3 c から入射した 1 回目の加工用レーザ光 4 a がレーザ光吸収薄膜層 2 c に吸収されることにより透明層 3 c 及びレーザ光吸収薄膜層 2 c の一部が除去された微小な除去部（図 3 の左側の除去部）と、レーザ光吸収薄膜層 2 c のレーザ光入射方向下流側に積層されている界面、即ち本実施形態では透明層 3 b の表面の平坦面 H が除去されずに露出している除去部の底面（図 3 の左側の底面）とを備えている。

【0048】また、さらに、立体構造体 7 は、透明層 3 b 側から入射した 2 回目の加工用レーザ光 4 b がレーザ光吸収薄膜層 2 b に吸収されることにより透明層 3 b 及びレーザ光吸収薄膜層 2 b の一部が除去された微小な除去部（図 3 の中央の除去部）と、レーザ光吸収薄膜層 2 b のレーザ光入射方向下流側に積層されている界面、即ち本実施形態では透明層 3 a の表面の平坦面 H が除去されずに露出している除去部の底面（図 3 の中央の底面）とを備えている。

【0049】また、さらに、立体構造体 7 は、透明層 3 a 側から入射した 3 回目の加工用レーザ光 4 c がレーザ光吸収薄膜層 2 a に吸収されることにより透明層 3 a 及びレーザ光吸収薄膜層 2 a の一部が除去された微小な除去部（図 3 の右側の除去部）と、レーザ光吸収薄膜層 2 a のレーザ光入射方向下流側に積層されている界面、即ち本実施形態では平坦基板 1 の表面の平坦面 H が除去されずに露出している除去部の底面（図 3 の右側の底面）とを備えている。

【0050】図 3 に示すように、第 3 実施形態のレーザ加工方法では平坦基板 1 上に加工用レーザ光に対して吸収の高い材料でかつ熱伝導の高い材料を薄膜状に形成したレーザ光吸収薄膜層 2 a を平坦基板 1 上に積層する。次に、レーザ光吸収薄膜層 2 a の上に加工用レーザ光に対して透過性の高い透明層 3 a を積層する。さらに透明層 3 a の上面にレーザ光吸収薄膜層 2 b、透明層 3 b を交互に少なくとも 2 層以上積層する。平坦基板 1 および透明層 3 a ~ 3 c の材料は熱伝導度がレーザ光吸収薄膜層 2 の材料よりも低いものであることが望ましい。

【0051】その後、この積層体に対して透明層 3 c 側から加工用レーザ光 4 a を、本実施形態では 3 箇所照射する。加工用レーザ光 4 a は透明層 3 c を透過しその大部分のエネルギーがレーザ光吸収薄膜層 2 c の表面で吸収されるようにこれら最上面側の 2 層の膜厚あるいは加工用レーザ光強度を調整する。

【0052】この吸収された加工用レーザ光 4 a のエネルギーがレーザ光吸収薄膜層 2 c 内を伝播しそれによりレーザ光吸収薄膜層 2 c の急激な温度上昇がおき、結果結合が弱いレーザ光吸収薄膜層 2 c と透明層 3 b との界

面から材料の除去が起き、レーザ光吸収薄膜層 2 c と同時にあるいは連続的に透明層 3 b を除去する。

【0053】さらに、本実施形態では中央と右側との同一場所に再度加工用レーザ光 4 b を 1 パルス照射することでレーザ光吸収薄膜層 2 b および透明層 3 b を除去する。このように加工用レーザ光を選択的に照射することで、加工領域の深さをデジタル的に制御し、加工部底面が平滑な平坦面 H を有する立体的微小構造体としての立体構造体を製造する。

【0054】なお、上記実施形態では、立体構造体 7 を作製するために、加工用レーザ光を 3 箇所、2 箇所、1 箇所の順で照射したが、最も深く除去すべき部分に対応する 1 箇所、最も深く除去すべき部分及び次に深く除去すべき部分に対応する 2 箇所、最も深く除去すべき部分、次に深く除去すべき部分及びその次に深く除去すべき部分に対応する 3 箇所の順で照射しても立体構造体 7 を作製することができ、照射順序は適宜変更することができる。また、上記実施形態では 3 つの除去部を形成する場合について説明したが、3 つ以外の除去部を形成する場合にも同様に選択的に照射することで行うことができる。

【0055】以上のように第 3 実施形態によれば、レーザ照射数により加工深さをデジタル的に制御することが可能となる。これはフォトリソグラフィプロセスにおいて行われる基板除去後の再位置設定の必要がなく、レーザ加工位置の制御あるいは基板の移動等の手段のみにより、空間選択的に所望の立体形状の形成が可能となる。これにより例えばマルチバイナリの回折光学素子や加工位置のコンピュータ制御によるホログラム光学素子の作製等に利用することが可能となる。

【0056】【実施例 3】図 3 に示すように、平坦基板 1 であるガラス基板上にレーザ光吸収薄膜層 2 a である Ni 薄膜を例えば 50 nm 程度スパッタし、その上面に透明層 3 a である ITO 膜を例えば 100 nm 程度スパッタする。さらに透明層 3 a の上面に同じくレーザ光吸収薄膜層 2 b である Ni をスパッタし、さらに透明層 3 b である ITO 膜を同一の厚みで付加し、これを繰り返すことで多層膜構造の積層体を作製する。

【0057】この積層体に対して透明層 3 c 上からある強度に調整したフェムト秒 Ti:Sapphire レーザ光等の加工用レーザ光を空間選択的に照射する。レーザ光吸収薄膜層 2 c において加工用レーザ光 4 a のほとんどのエネルギーが吸収され、その後あるいはレーザ照射中の熱拡散によりそのエネルギーがレーザ光吸収薄膜層 2 c 内を伝播し、レーザ光吸収薄膜層 2 c が高温となる。これによりレーザ光照射 1 パルスにて最上層の ITO とその下層の Ni 膜とを除去する。その後照射位置を変え、レーザ光を中間層の ITO とその下層の Ni 膜に照射する。このとき膜はパルス数に応じて除去され、前記除去部の穴深さの 2 倍の深さの立体形状を作製する。

さらに照射位置を変え、レーザ照射数を変化させる事により、多様な深さを有する立体構造体 7 が作製される。

【0058】【第 4 実施形態】図 4 は本発明の第 4 実施形態に係る立体構造体の加工方法を示す図である。図 4 に示すように、この立体構造体 9 は、図 3 に示した第 3 実施形態の立体構造体に比べて、層構成は同一であり、膜厚のみ異なっている。また、第 4 実施形態の立体構造体の加工方法も第 3 実施形態の立体構造体の加工方法と同様である。

【0059】第 3 実施形態と異なる点は、積層体を作製する際に、一つのレーザ光吸収薄膜層とある一つの透明層の膜厚を変化させる点にある。これは例えば光学素子として用いる参照用レーザ光の波長を  $\lambda$  とした場合、第一層を  $1/2\lambda$ 、二層を  $1/4\lambda$  等に設定する等の処理に対応する。このとき平坦基板 1 および透明層 3 a、3 b、8 は熱伝導度がレーザ光吸収薄膜層よりも低いものであることが望ましい。

【0060】その後、この積層体に対して透明層 8 側から加工用レーザ光 4 a を照射する。加工用レーザ光 4 a は透明層 8 を透過しその大部分のエネルギーがレーザ光吸収薄膜層 2 c 表面で吸収されるようこれら最表面側の 2 層の膜厚あるいはレーザ光強度を調整する。

【0061】この吸収されたエネルギーがレーザ光吸収薄膜層 2 c 内を伝播しそれによりレーザ光吸収薄膜層 2 c の急激な温度上昇がおき、結果結合が弱いレーザ光吸収薄膜層 2 c の下面側の透明層 3 b とレーザ光吸収薄膜層 2 c との界面からレーザ光吸収薄膜層 2 c の除去が起き、レーザ光吸収薄膜層 2 c と同時にあるいは連続的に透明層 8 を除去する。

【0062】さらに同一部分に再度レーザ光を 1 パルス照射することで除去したレーザ光吸収薄膜層 2 c の下面側に隣接する透明層 3 b 及びレーザ光吸収薄膜層 2 b を除去する。このように、加工用レーザ光を選択的に照射することで、加工領域の深さをデジタル的に制御し、加工部底面が平滑である立体的微小構造体を製造する。

【0063】第 4 実施形態によれば、透明層の厚みを初期段階で制御することにより、加工用レーザ光のレーザ照射強度を変化させることなく、加工深さの制御範囲を広くすることが可能となる。これにより、空間的位置により深さの異なる素子をレーザ照射数のみによりアナログ的に制御することが可能となり。また例えば深さにより特性が変わる位相変調素子等を一つの基板上に空間選択的に作製することが可能となる。

【0064】【実施例 4】図 4 に示すように、平坦基板 1 であるガラス基板上にレーザ光吸収薄膜層 2 a である Ni 薄膜をスパッタし、レーザ光吸収薄膜層 2 a の上に第一の透明膜としての透明層 3 a を付加する。このとき例えばレーザ光吸収薄膜層 2 a と透明層 3 a の合計の厚さがある光波長  $\lambda$  に対して  $1/4\lambda$  とする。その後さらに同一の厚みでレーザ光吸収薄膜層 2 b と透明層 3 b と



を積層する、さらに第三の吸収層としてのレーザ光吸収薄膜層 2c と透明層 8 とを積層する。このとき透明層 8 の厚みを変化させ、第三の吸収層としてのレーザ光吸収薄膜層 2c と第三の透明層としての透明層 8 との合計の厚みを上記光波長に対して  $1/2\lambda$  とする。

【0065】このように層により膜厚の異なる多層膜構造を作製する。この積層体に対して透明層 8 上からある強度に調整したフェムト秒 Ti:Sapphire レーザ光等の加工用レーザ光 4a を空間選択的に照射する。レーザ光吸収薄膜層 2c において加工用レーザ光 4a のほとんどのエネルギーが吸収され、その後あるいはレーザ照射中の熱拡散によりそのエネルギーが膜内を伝播し、レーザ光吸収薄膜層 2c が高温となる。これによりレーザ光照射 1 パルスにて一カ所の膜の除去を行う。その後レーザ照射位置、レーザ照射数を制御することにより、空間選択的に膜の除去を行う。このとき透明層 8 のみの厚みを変化させたため、照射エネルギーは大幅に変化することなく深さの異なった立体構造体 9 を作製することができる。この立体構造体 9 はある参照波長  $\lambda$  に対して空間的に位相を変化させることができ、波面制御素子として利用可能となる。これは例えば  $1/2$  波長板と  $1/4$  波長板との効果を同一基板上に集積して作製するなどの応用が可能である。

【0066】【第 5 実施形態】第 1 実施形態～第 4 実施形態のレーザ加工方法において、レーザ光吸収薄膜層を Ni、Al、Au 等の金属材料からなる金属薄膜層とする。このとき金属薄膜層を構成する金属材料は蒸着、スパッタ、CVD 等の方式により数 nm から数百 nm 程度の膜厚とする。

【0067】金属材料は紫外から可視、赤外領域で幅広い波長に対して表面近傍で吸収が高いことで知られている。このとき金属の光の吸収長（光浸透長）D は、複素誘電率  $\kappa$ 、吸収係数  $\alpha$ 、波長  $\lambda$  により次式（1）で示されることが知られている。

$$(1) D = \alpha^{-1} = \lambda / 4\pi\kappa$$

【0068】代表的な金属に対してこの光浸透長を波長の関数として図 5 に示す。このように金属材料は幅広い領域にたいして、数十 nm といった非常に狭い領域で吸収される。また金属材料の熱伝播は非常に高速であることが知られており、その時の熱伝搬距離（熱拡散長）L は、熱拡散率 d としたとき、経過時間  $\tau$  の関数として次式（2）で示されることが知られている。

$$(2) L = \sqrt{d\tau}$$

【0069】このように熱伝搬が高く、表面で光が吸収されることから金属薄膜を例えば数十 nm 程度積層した層では、光照射により高速に金属薄膜層が熱的に励起され高温となる。このとき金属薄膜層は他の材料に挟まれているためその材料層の間で熱が蓄積され、結果金属薄膜層と接合している平坦面を有する層から熱的に剥離され、結果金属薄膜層と透明層のみが除去される。このと

き材料厚は数十 nm オーダーであることからその熱伝播領域もその程度とすることができ、ほぼレーザ照射位置近傍での高精度な加工が可能となる。金属は、薄膜として材料に付加することが容易な材料であり、かつその作製コストも非常に安価であるメリットがある。

【0070】【第 6 実施形態】第 1 実施形態～第 4 実施形態のレーザ加工方法と同様の加工方法であり、特に透明薄膜としての透明層を加工用レーザ光のレーザ波長に対して透明な高分子材料から構成する。これは例えば可視から近赤外の加工用レーザ光を用いる場合には、アクリル樹脂、ペット樹脂、ポリイミド樹脂等を用いることが可能である。また紫外域の加工用レーザ光の場合にはフッ素含有高分子、透過率の高いアクリル樹脂、透過率の高いポリカーボネート樹脂等を用いることができる。このとき透明層は液状樹脂のスピンコートあるいはディッピング等により膜厚を制御して作製することができる。

【0071】このように透明材料層として高分子を用いることにより、安価に膜厚を制御した透明層を形成することが可能となる。これらの材料は液状のものを膜厚保持制御して作製した後、熱あるいは光により硬化することができ、その膜厚を広い範囲で制御することが可能となる。さらに材料の選択幅が広いと、加工用レーザ光に対して透明性が高く、さらに熱的変質の少ない材料を選択して用いることが容易であり、安価な構成とすることが可能となる。

【0072】【第 7 実施形態】第 1 実施形態～第 4 実施形態のレーザ加工方法と同様の加工方法であり、透明層にセラミックスを用いる。透明セラミック材料としては ITO や酸化チタン等の材料を用いることができる。この透明層はスパッタ等の手法により膜厚を制御して配置する。

【0073】透明層にセラミックスを用いることで、熱的損傷を低減した高精度な加工が可能となる。またこれら材料は加工レーザ光に対して高い透過率を有する材料を容易に選択できる。さらにこれらの材料はスパッタ等により nm オーダーで制御して膜形成することが可能であり、より高精度な加工深さ制御が可能となる。また多層膜とした場合、金属よりも融点が高いため、金属への入射レーザエネルギーを大幅に上げることが可能となり、レーザ光 1 パルスにより、除去量を大きくすることが可能となる。また加工時の熱変質も少ないため、より高品位な加工が可能となる。

【0074】【第 8 実施形態】図 6 は本発明の第 8 実施形態に係る立体構造体の加工装置を示す図、図 7 は本発明の第 8 実施形態に係る立体構造体の加工装置の制御フローチャートを示す図、図 8 は本発明の第 8 実施形態に係る立体構造体の加工方法を示す図である。

【0075】図 6 に示すようにこの加工装置は、加工用レーザ光 32 を出射するレーザ加工装置 31 と、レーザ装置 31 から出射した加工用レーザ光 32 の一部を透過

するフォトマスク等のマスク 38 と、マスク 38 を移動するマスク移動ステージ 52 と、マスク 38 を透過した加工用レーザ光 32 を反射するミラー 37 と、ミラー 37 により反射した加工用レーザ光 32 のパターン像を縮小投影する集光レンズ 39 と、実施形態 1 ～ 7 の被加工物である積層体 51 を支持する移動ステージ 41 と、レーザ装置 31、移動ステージ 41 及び移動ステージ 52 を制御するコンピュータ 53 とを備えている。

【0076】図 7 に示すように、コンピュータ 53 により、ステップ S1 では、加工サンプルである積層体 51 を所定位置に固定し、ステップ S2 では、移動ステージ 41 により積層体 51 を加工位置に移動し、ステップ S3 では移動ステージ 52 によりマスク 38 を所定位置に移動する。次に、ステップ S4 では、レーザ装置 31 から加工用レーザ光 32 を出射して積層体 51 に除去部を加工する。次に、ステップ S5 では、レーザ照射が終了かどうかを判定し、終了でない場合にはステップ S2 に戻って、移動ステージ 41 を移動することにより、次の加工位置に積層体 51 を移動する。ステップ S6 では、形状作製して終了する。

【0077】このように第 8 実施形態では、第 1 実施形態～第 4 実施形態のレーザ加工方法と同様の加工方法であり、加工用レーザ光の照射を金属エッチングあるいはクロム金属膜蒸着等によるマスク 38 を用い、縮小投影、コンタクト法等により、マスクパターンに対応した加工パターンを形成する。

【0078】本構成によるレーザ加工方法において、図 8 (B) に示すように、加工用レーザ光 4 は空間選択的にレーザ光吸収薄膜層 2 によって吸収される。レーザ光吸収薄膜層 2 での光エネルギーの吸収とその後の熱拡散により、レーザ照射部の温度上昇からレーザ光吸収薄膜層 2 とその上面に配置された透明層 3 との除去が可能となる。このときマスク形状を選択することによりレーザ光 1 パルス照射により、多様な形状の除去が可能となる。

【0079】通常エキシマレーザのアブレーション加工などにおいては数 mm 角程度領域のフォトマスク上に形成された形状を 1/3 から 1/5 倍程度に縮小投影して被加工物表面に照射して、被加工物の加工を行う。

【0080】このときレーザ光の不均一さやマスクエッジでの回折の効果等により照射位置では強度に空間的分布を生じてしまう。これを均一化するために、高価な多数の光学系を調整し分布の均一化を図っている。レーザ強度分布が不均一の場合には、従来のレーザアブレーション法ではレーザ照射強度分布に応じた立体的形状が、レーザ照射部に現れる。しかし本実施形態の方法では熱的に拡散した薄膜全体の除去となるため、レーザ加工部底面を平滑とした加工が可能となる。

【0081】また従来のレーザアブレーション法では加工部の平滑性を高めるためには高価なレンズ系を用い

て、マスク開口エッジ部で回折や干渉によるビーム形状の変化をなくし、ビームを平滑にする必要があったが、本実施形態の方法ではこれら回折や干渉による形状分布がある場合でも、その照射領域を一括して、平坦性を保ちながら空間選択的に除去することが可能となる。このとき被加工物をステージ等で位置制御することで、広い領域を連続して加工する事が可能となる。

【0082】【実施例 8】図 8 に本実施形態によるマスク形状の転写による立体形状加工方法 (図 8 (B)) と従来のアブレーションでの除去方法 (図 8 (A)) の違いを示す。薄膜構造体としての積層体に対して、従来のレーザアブレーション加工を行った場合、図 8 (A) に示すように、基板 1 P 上の吸収層 2 P のアブレーション作用により透明層 3 P の除去は可能となるが、その際加工部底面 10 a には照射強度分布に近い加工痕や吸収材料層の熱特性、高分子の配向特性等によりあれた面が形成される。

【0083】それに対して本実施例によれば、レーザ光吸収薄膜層 2 でのエネルギーはレーザ光吸収薄膜層 2 内を伝播して急速にレーザ光吸収薄膜層 2 が高温化する。これにより平坦基板 1 からの高速な剥離がおき、透明層 3 とともにレーザ光吸収薄膜層 2 が除去される。

【0084】このときレーザ光吸収薄膜層 2 は照射部全体が剥離されるため、平坦基板 1 の平滑な平坦面 11 a が除去部の底面として露出し、平滑な加工が可能となる。例えば加工幅を数ミクロンとし、レーザ光吸収薄膜層 2 を数十ナノメートル程度とすれば、熱伝播による加工幅の増加は無視できる程度と考えることができ、高精度な加工が実現可能となる。

【0085】【第 9 実施形態】図 9 は本発明の第 9 実施形態に係る立体構造体の加工装置を示す図、図 10 は本発明の第 9 実施形態に係る立体構造体の加工装置の制御フローチャートを示す図、図 11 は本発明の第 9 実施形態に係る立体構造体の加工方法を示す図である。

【0086】図 9 に示すようにこの加工装置は、加工用レーザ光 32 を出射するレーザ装置 31 と、レーザ装置 31 に備えるポッケルスセル 31 a と、レーザ装置 31 から出射した加工用レーザ光 32 の一部を透過するフォトマスク等のマスク 38 と、マスク 38 を移動する移動ステージ 52 と、マスク 38 を透過した加工用レーザ光 32 を反射するミラー 37 と、ミラー 37 により反射した加工用レーザ光 32 のパターン像を縮小投影するレンズ 39 と、実施形態 1 ～ 7 の被加工物である積層体 51 を支持する移動ステージ 41 と、レーザ装置 31、移動ステージ 41 及び移動ステージ 52 を制御するコンピュータ 53 とを備えている。

【0087】図 10 に示すように、コンピュータ 53 により、ステップ S1 では、加工サンプルである積層体 51 を所定位置に固定し、ステップ S2 では、移動ステージ 41 により積層体 51 を加工位置に移動し、ステップ

S3では移動ステージ52によりマスク38を所定位置に移動する。次に、ステップS4では、ポッケルスセル31aを制御してレーザ装置31から加工用レーザ光32を出射して積層体51に除去部を加工する。次に、ステップS5では、レーザ照射が終了かどうかを判定し、終了でない場合にはステップS2に戻って、移動ステージ41を移動することにより、次の加工位置に積層体51を移動する。ステップS6では、形状作製して終了する。

【0088】この実施形態はマスク投影型のレーザ加工方式であり、フォトマスク38に透過型液晶マスクや反射型ミラー素子等を用いることにより、空間選択的にレーザ照射位置を変化させる。レーザ照射とマスク開口形状とを同期をとって制御することで、加工形状の制御をおこなう。

【0089】第9実施形態のマスクでは、たとえば加工用レーザ光に対して透過率の高い透過型液晶と加工用レーザを同期させ、第一レーザ光照射時のマスク形状と第二レーザ光照射時のマスク形状を変化させる。このとき可変用マスクとしては、これ以外にプロジェクタで用いられる反射型ミラーアレイ素子を該レーザ光に対して反射率を高くした素子等を用いることも可能である。これら構成により、たとえばレーザ照射位置を変えることにより、同一箇所に多数回のレーザ照射した領域は深く、照射しない場所は加工されないといった深さをデジタル的に制御した加工が可能となる。このとき加工用レーザ光は同一の形状で照射するだけでよく、複数のマスクを連続的に変える場合に比べ、高速化、低コスト化が可能となる。

【0090】【実施例9】図11に液晶型透過型マスクを用いた実施例を示す。図11(A)に示す加工用レーザ光強度分布12により加工用レーザ光を透過型液晶マスク13aに照射する。透過型液晶マスク13aは加工用レーザ光の偏光と透過型液晶マスク照射後に偏光ビームスプリッタ等を設けることによりマスク透過後のレーザ強度を空間的に変化させることができる。このとき液晶の配向面を制御することにより、強度を透過光の最大値からほぼ0の値まで変化させることが可能である。本実施例ではマスク透過後の強度を最大、最小の二値としているが、これは加工状態が最適となるよう任意の値とすることができる。

【0091】この透過光を被加工物14a表面に縮小投影して、第一レーザ光により一つの立体的パターンを形成する。その後図11(B)に示すように、第二レーザ光照射までの時間内にマスク形状を変化させ第二のマスク形状13bとする。この第二のマスク形状13bを透過した加工用レーザ光により被加工物14bの除去を行う。このとき第一レーザ光と第二レーザ光の照射位置が同一の箇所は2層の加工が進み、一方のみの照射位置では表面第一層のみの除去がおきる。これを図11(C)

に示すように繰り返し行うことで、被加工物14cぶ立体的な形状を作製する。透過型液晶マスク13aは高速な形状変化が可能であり、この透過光量の変化とレーザ照射タイミングを同期させる事により、任意な形状を高速に作製することが可能となる。このとき多数のマスクを必要とせず、安価に立体的形状を作製することが可能となる。

【0092】【第10実施形態】図12は本発明の第10実施形態に係る立体構造体の加工方法を示す図である。この第10実施形態は、第1実施形態～第4実施形態のレーザ加工方法と同様の加工方法であり、加工用レーザ光を集光して照射し円形のパターンをレーザ光1パルス照射により得る。このときレーザ光の強度を可変できる手段により照射位置での強度を調整する。薄膜構造体としての積層体は移動ステージ上に配置され、移動ステージによって加工位置を高速に制御する。このとき加工用レーザ光はガウス型分布であることが望ましく、加工用レーザ光の集光には加工位置とレンズ表面との距離が長い対物レンズを用いることが望ましい。またレーザ加工位置でのレーザ照射方向での位置ずれをなくすよう、移動手段にフォーカス調整機構を有することが望ましい。

【0093】第10実施形態による加工方法では、レーザ光としてシングルモードレーザにおいて一般的なガウス型強度分布を有する加工用レーザ光を集光してレーザ光吸収薄膜層表面に照射する。このとき照射位置はリニアステージや回転ステージ等により制御され、加工用レーザ光と同期してその位置が決定される、またレーザ照射位置方向も同様にレーザ光吸収薄膜層方向に対してレーザ照射と同期して制御される。これによりガウス型レーザ光が集光されて、レーザ光吸収薄膜層表面に照射される。このとき薄膜内で熱が拡散し、レーザ光吸収薄膜層の高温化により、下面との剥離がおきる。このとき加工形態は、レーザ光吸収薄膜層と透明層のみの除去がおきるため、円柱状の加工あととなり、底面の平滑な穴加工が可能となる。このときレーザ光照射強度を調整することにより薄膜の光吸収領域およびエネルギーおよび薄膜の熱伝播範囲を調整することが可能となり、これにより穴径の調整が可能となる。レーザ照射と同期して材料を移動することにより、連続的な穴形状の作製が可能となり、高速に移動しながら加工することで、多数個の立体形状を高速に加工することが可能となる。

【0094】【実施例10】集光によるエネルギーによる加工形状変化に関して図12を用いて説明する。本実施例によるレーザ加工においては、レーザ光吸収薄膜層の除去をその膜の高温化により達成する。この場合レーザ光吸収薄膜層および透明層の除去を行うためには入射レーザ光強度をあるしきい値以上にする必要がある。このしきい値エネルギーより高い部分ではレーザ光吸収薄膜層の剥離がおき、それ以外の領域では剥離は起きない



ため、入射光を例えばガウス型の強度分布を有するレーザー光の集光により行くと、その加工領域をレーザー強度により制御することが可能となる。

【0095】例えば図12(A)においてレーザー光強度分布をガウス型として被加工物表面に照射すると、その加工しきい値以上の領域の除去が起きて立体構造体15aが作製される。このレーザー強度を強度調整手段により低下させ図12(B)の照射強度とすると、しきい値以上の領域のみが加工されるため、図12(A)の立体構造体15aに比べて微少な加工を実現した立体構造体15bを作製することが可能となる。さらに強度を調整し、レーザー光強度の最大値をしきい値付近とすることで図12(C)に示すように通常の露光法では実現困難であるレーザービーム幅より微細な立体構造体15cを作製することが可能となる。

【0096】【第1実施形態】図13は本発明の第1実施形態に係る立体構造体の加工方法を示す図である。この第1実施形態は、第1実施形態～第4実施形態のレーザー加工方法と同様の加工方法であり、加工用レーザー光を例えばシリンドリカルレンズの組み合わせ等により片側集光してライン上のビームを作製し、レーザー光吸収薄膜層表面に空間選択的に照射する。被加工物である積層体はステージ等の移動手段によりレーザー光と同期して移動される。レーザー光照射と移動とを繰り返し行うことで、加工部底面が平滑な連続的な加工形状を得る。

【0097】第1実施形態による加工方法では、加工用レーザー光を制御して照射部表面に線上のパターンを照射する。このときレーザー照射強度は、例えば図13

(A)に示すように、短軸方向にガウス形状、長軸方向は均一な強度分布とする。このレーザー強度を有する加工用レーザー光がレーザー光吸収薄膜層表面に照射と薄膜内で熱が拡散し、レーザー光吸収薄膜層の高温化により、下面との剥離がおきる。このとき加工形態は、レーザー光吸収薄膜層と透明層のみの除去がおきるため、形状が四角で底面の平滑な穴加工が可能となる。この加工形状は、膜厚方向全体の剥離を利用するため、ガウス型レーザーを入射した場合でも底面の平滑な形状となる。

【0098】このときレーザー光照射強度を調整することによりレーザー光吸収薄膜層の光吸収領域、エネルギーおよびレーザー光吸収薄膜層の熱伝播範囲を調整することが可能となり、これにより加工幅の調整が可能となる。レーザー照射と同期して積層体を移動することにより、連続的な穴形状の作製が可能となり、高速に移動しながら加工することで、線状の加工形態を得ることが可能となる。これを利用することで、回折型光学素子であるグレーティングの作製が可能であり、多層膜に対して位置調整を行って加工することで、マルチレベル回折格子の作製が被加工物の移動のみにより作製することが容易となる。

【0099】【実施例11】加工用レーザー光はシリンド

リカルレンズあるいはミラー等により整形されて加工位置において、図13(A)に示す加工用レーザー光の強度分布16を有するビームとする。そのビームをスキャンするあるいは被加工物を移動するなどして、連続して加工用レーザー光を空間選択的に照射する。このときレーザー光照射タイミングと照射位置との移動手段は同期して制御され、所望の位置に加工用レーザー光をライン状に照射する。加工ピッチを数百ミクロンから数ミクロン程度とすることで、例えば図13(B)に示すようなマルチバイナリ型回折格子17、あるいはその型を作製することができる。

【0100】【第12実施形態】この第12実施形態は、第1実施形態～第4実施形態のレーザー加工方法と同様の加工方法であり、加工用レーザー光としてパルス幅が100ns以下であるエキシマレーザーや、Nd:YAG、Nd:YLF等の固体レーザーの基本波をQスイッチングしたり、例えば非線形光学媒質に入射させることによりその光高調波を用いる。これらは現在容易に入手可能な高出力のレーザー光源である。また、光吸収層の膜厚は照射レーザー幅以下にすることが望ましい。

【0101】特に加工用レーザー光に100ns以下の光源を有するレーザーを用いる。これにより、熱拡散領域を狭くすることが可能となる。材料中の熱伝播による熱拡散速度は、上述したように式(1)により与えられることが知られている。これにより照射時間 $\tau$ 秒後の熱拡散距離は熱拡散率 $d$ とすると $L$ となる。ここでパルス幅を100ns以下とすることで、レーザー照射中の通常のセラミックス、高分子材料等でレーザー光吸収薄膜層内の熱拡散距離を1ミクロン以下とすることができる。そのためこの幅以上の加工用レーザー光による熱拡散範囲を制限することが可能となり、熱的拡散による変形を低減することが可能となる。

【0102】レーザー光吸収薄膜層をこの熱拡散距離 $L$ 以下とし、レーザー照射領域をそれ以上とすることで、レーザー照射位置周辺のみの高精度な薄膜除去および、立体的加工が可能となる。加工用レーザー光の照射領域をサブミクロンから数百ミクロン程度とし、膜厚をサブミクロン程度とすることで、レーザー照射領域とほぼ同等の領域の加工底面を平滑とした立体的形状を得ることが可能となる。

【0103】【実施例12】上記拡散式(1)はある瞬間に与えられたエネルギーが経過時間後にどれだけ広がったかを示す。材料による熱拡散率表を次の表1に示す。

【0104】

【表1】

材料	熱拡散率(D)
金属	20~200 $\times 10^{-6}$
Glass	0.3~2 $\times 10^{-6}$
ポリマー	0.2~0.5 $\times 10^{-6}$

\*

\*【0105】ここでは代表的な金属とガラス、高分子について通常温度での熱拡散率dを示している。上記材料での上記式から得られた熱拡散範囲をまとめて次の表2に示す。

【0106】

【表2】

熱拡散範囲	1ps	1ns	1 $\mu$ s	( $\mu$ m)
金属	~0.01	~0.3	~10	
Glass	0.001	0.03	1	
ポリマー	<0.001	0.02	0.5	

【0107】このように加工用レーザー光のパルス幅を100ns以下とすることで代表的な材料でパルス幅内の熱拡散範囲を<1 $\mu$ m以下とすることができる。ここで材料の膜厚をこれ以下とすることで、レーザー光吸収薄膜層の厚み方向には熱が完全に伝播し、その熱による剥離が可能となる。これにより高精度な平坦面を有する立体構造体の加工が可能となる。

【0108】【第13実施形態】この第13実施形態は、第1実施形態～第4実施形態のレーザー加工方法と同様の加工方法であり、特に加工用レーザー光として、そのパルス幅がサブピコ秒であるTi:Sapphireレーザーおよびその高調波、Nd:YAGレーザーなどの固体レーザー、あるいはその高調波を用い、レーザー光吸収薄膜層の材料として、Ni、Au、Alなどの金属膜を用いる。この金属膜の膜厚は該レーザー光の光浸透長以上でかつその数倍程度であることが望ましい。

【0109】第13実施形態の構成では、レーザーに1ps以下の極短パルスレーザー光を用いる。このレーザー光は近年開発が進んでおり、代表的レーザーにTi:Sapphireレーザーがある。このレーザーは標準的に数10fsから200fs程度のパルス幅を持ち、800nm付近の中心波長で発振する。

【0110】このような極短パルスレーザーにおいては、特に材料への照射時間が短いことから熱的変質を抑制した高精度加工が可能であることが知られている。これら加工特性に関しては例えば次の参考文献に示されている(Appl. Phys. A63, 109-115 (1996))。

【0111】レーザーパルス幅が短いことから金属などの熱伝導の高速な材料に対しても、アブレーション加工可能なことで知られている。また金属材料は紫外から近赤外領域で広い吸収を有する材料であり、その光吸収が極表面層でおきる事が知られている。代表的な金属の光浸透長を図5に示した。また各波長の表面での反射率を図14に示す。ここで金属の反射された以外のエネルギーは表面近傍で吸収され、図5の浸透長で示される範囲で高速に熱に変換される。このときピコ秒以下の時間領域では、上記文献に示されるように電子温度と格子温度

が均一でない、2温度拡散式により記述されることが明らかになってきている。

【0112】このときレーザー光のエネルギーは数ピコ秒程度で格子系へと熱として拡散し、レーザー照射領域の除去がおきる。本発明では、レーザー光吸収薄膜層である金属材料層を薄膜としてその熱拡散領域を制限する。これにより金属での熱拡散範囲は限定され、低エネルギーで金属膜の平坦面からの除去が可能となる。

【0113】特に通常の金属では拡散長が大きいいためレーザー照射位置から除去幅が広がってしまうが、パルス幅をサブピコ秒とすることで代表的な金属においても、その拡散幅を1ミクロン以下とすることが可能となる。

【0114】Ti:Sapphireレーザー光は近赤外光であり、高分子や透明セラミックス等多くの透明材料を利用することが可能となり、吸収材料としても安価で作製が容易な金属を用いることが可能となる利点もある。これはその高調波である可視光でも同様であり、第二高調波を用いることで、微細化が可能となりかつ安価で高精度な対物レンズ等の光学素子を利用することが可能となる。

【0115】【第14実施形態】第1実施形態から第13実施形態に記載の加工方法により作製した素子を用い、その複製を作製する。具体的にはたとえば、素子表面に金属膜を付加し、電鍍法によりその逆型を作製する。これを型とし成形法等で高分子材料に転写することにより、その複製を作製する。複製は再度その複製を作製して型として用いることも可能である。このようなプロセスを用いることで加工形状と同等の形状、あるいは逆形状を他の材料に対して作製する。

【0116】第14実施形態の立体形状加工方法では上記実施形態により作製された、立体形状を有する構造体に対して電鍍法等によりその複製を作製する。さらにこの金属複製材料を用いて高分子材料やガラス材料を成形法等で複製を作製する。これは成形に限らず、2P法で用いられる光硬化樹脂に対する型やゾルゲル法で用いる型等への利用も可能である。これにより、加工材料とは異なる材料に対して立体的形状を作製する事が可能となる。たとえば透明高分子の成形型に利用することで、被

加工材料が透過しない材料であっても、複製により透過型素子を作製できるメリットがある。またレーザ加工では広い領域全体を加工する場合には多くの時間を必要とし、コストが高くなる問題があるが、金型を作製し、その複製を作ること、高速に大量に立体構造体を作製することが可能となる。

【0117】【実施例14】図15は本発明の第14実施形態に係る立体形状品の製造方法を示す図である。図15では本方式による構造体複製方式の工程例を示す。図15(A)に示すように、先ず構造体作製のための薄膜付加工工程を行う。次に、図15(B)に示すように、加工用レーザによる立体的構造体加工を行う。

【0118】次に、図15(C)に示すように、電鍍のための表面電極作製用金属膜18のスパッタ18を行う。次に、図15(D)に示すように、電鍍法による金属Ni層19を付加する。次に、図15(E)に示すように、加工体よりNi原盤を剥離する。次に、図15(F)に示すように、Ni原盤を成形用原盤とし、樹脂材20の成型を行う。材料はポリカーボネート等を利用することで透明構造体とすることができる。また光効果樹脂を用いることでUV光による転写法(2P法)による複製も可能である。以上のようにして図15(G)に示すように、レーザ加工と同一形状の構造体を安価に複製することが可能となる。

【0119】【第15実施形態】本実施形態14記載の複製作製法と同様であり、その複製を光ディスクのスタンパに用いる。これは特に、図16に示すように、円盤状に光ディスクのピットP、グルーブにあたる領域を第1実施形態から第4実施形態の方法により作製し、たとえばNi薄膜スパッタ、Ni膜電鍍、膜剥離のプロセスにより光ディスク用スタンパとすることが可能となる。

【0120】従来の光ディスクスタンパではガラス基板上に感光体材料をスピナー等により塗布し、バークした後He-Cdレーザ等のUVレーザにより、感光体材料を露光し、定着、現像し、感光体材料の立体的パターンを作製し、さらにそれに金属膜を付加し、電鍍、剥離のプロセスにより、一枚のスタンパを作製していた。このとき特に露光と定着、現像の条件設定が困難であり、洗浄時の汚れの問題や、溶剤等による環境の問題があった。

【0121】本実施形態による形状加工方法では、加工用レーザ光の走査のみにより直接形状を作製するため、従来の複雑な工程を簡潔化することが可能となる。また、通常の露光方式では、感光体材料を用いるその材料に対して感度の高い紫外域のレーザを用いる必要があったが、本方法では透明層とレーザ光吸収薄膜層とを多くの材料から選択して用いることが可能となる。さらに立体的な加工をレーザ光1パルス照射により行うことが可能であることから、低エネルギー光による高速加工が可能となる。

【0122】【実施例15】図16は本発明の第15実施形態に係る、立体形状品の一例である光ディスク用スタンパ原盤を示す図である。図16では本発明による光ディスク用スタンパ原盤の例を示す。図16に示すように、ガラス基板である平坦基板1上にレーザ光吸収薄膜層2を付加し、その上面に透明層3を付加する。この表面に高NAの対物レンズにより集光した加工用レーザ光を短時間照射し、その1パルス照射により一つのピットPを形成する。基板は回転ステージにより高速に回転させ、またリニアステージにより円周方向に移動させることにより連続的に形状を作製する。このとき材料層の厚みは透明層3と金属材料層であるレーザ光吸収薄膜層2との合計で読みとり信号波長の1/4程度とすることが望ましい。

【0123】このとき加工用レーザは回転・移動手段と同期をとって照射タイミングを調整する。加工用レーザ光は穴サイズにあわせて強度を調整し照射することとする。このときレーザ光を分割して制御することで多数穴を一度に作製したり、多数の原盤を同時に加工することが可能である。また本実施形態の方法により作製された原盤は、その複製を作製することで、複製物を同様にスタンパとして利用することが可能である。

【0124】【第16実施形態】本実施形態14記載の複製作製法であり、その複製を回折型光学素子のマスター加工に用いる。これは特に平坦基板状に多数の穴形状を第1実施形態から第4実施形態の方式により作製し、加工位置をステージ等の移動手段により制御することで、マルチレベルの回折素子やコンピュータにより計算した形状を加工することで位相変調型回折格子の立体的形状を作製する。このとき透明層と吸収層をあわせた厚みは光学素子への照射光の波長 $\lambda$ に対して $\lambda/n$ 程度の厚みとする。

【0125】従来の回折型光学素子はたとえば露光によるレジストパターン形成手段とエッチング手段とを多数回組み合わせ、複数の高さ分布を有する形状を作製していた。このとき加工位置は、複数のマスクを位置合わせして行いその制御が複雑で高精度な位置合わせが必要で、プロセスコストが高くなる問題があった。

【0126】本実施形態による形状加工方法では、加工用レーザ光の走査のみにより直接形状を作製するため、従来の複雑な工程を簡潔化することが可能となる。また通常の露光方式では、感光体材料を用いるその材料に対して感度の高い紫外域のレーザを用いる必要があったが、本実施形態の方法では透明層とレーザ吸収薄膜層とを多くの材料から選択して用いることが可能となる。

【0127】さらに立体的な形状の加工深さをレーザ照射数により制御することで、立体的に形状を制御することができ、本加工物に対して金属膜付加、電鍍等を行うことで、容易に回折素子、バイナリ光学素子の母型を作製することが可能となる。

【0128】〔第17実施形態〕この実施形態のレーザ加工装置は、加工用レーザ光と、1/2波長と、偏光ビームスプリッタあるいはNDフィルタ等のレーザ光の強度調整手段と、レンズ、ミラー等のレーザ光形成手段とを備えて構成され、空間的にレーザ光照射位置を限定し、第1実施形態から第16実施形態のレーザ加工方法に用いるレーザ加工装置である。

【0129】レーザ装置の内部あるいは外部にはシャッター等のレーザ照射数を制御する手段を設けることが望ましく、レーザ光は被加工物を固定する移動ステージに同期して照射されることが望ましい。

【0130】このレーザ加工装置により従来の加工装置で問題であった加工底面の平滑な立体的形状を有する構造体の加工を行うことが可能となる。またレーザ照射を制御することで、立体的な形状加工が容易となる。またステージを移動して加工することが可能であるため、大面積の加工が可能となる。

【0131】〔実施例17〕図17は本発明の第17実施形態に係る立体構造体の加工装置を示す図、図18は本発明の第17実施形態に係る立体構造体の加工装置の要部を示す図、図19は本発明の第17実施形態に係る立体構造体の加工装置の制御フローチャートを示す図である。

【0132】図17に示すように、レーザ加工装置31から出射された加工用レーザ光32は外部シャッタ33で照射時間を制御して1/2波長板34に入射される。ここで1/2波長板34を回転することで、加工用レーザ光32の偏光面と1/2波長板34の軸方向が変化し、その後の偏光ビームスプリッタ35によってビーム強度が調整される。ビーム強度を調整された加工用レーザ光32はその後のレンズ系としての整形レンズ36やミラー系37によりビーム形状を整形、伝送されマスク38上に照射される。このマスク38を透過した加工用レーザ光32は集光レンズ39により縮小投影され、薄膜付加材料である被加工物としての積層体40表面に結像される。被加工材料としての積層体40は移動ステージ41等により加工位置を制御される。このとき加工位置での加工形態を観察するため、観察用照明42を設置した観察装置を配置し、CCDカメラ43等によりその形状を観察することも可能である。本システムにより、容易に複雑な立体的形状の加工が可能となる。

【0133】図18に示すようにこの加工装置は、加工用レーザ光32を出射するレーザ装置31と、レーザ装置31に備えるポッケルスセル31aと、レーザ装置31から出射した加工用レーザ光32を走査するガルバノミラー54と、ガルバノミラー54で走査された加工用レーザ光32を一定速度で走査するfθレンズ56と、実施形態1～7の被加工物である積層体51を支持する移動ステージ41と、レーザ装置31、移動ステージ41及びガルバノミラーコントローラ55を介してガルバ

ノミラー54を制御するコンピュータ53とを備えている。

【0134】図19に示すように、コンピュータ53により、ステップS1では、加工サンプルである積層体51を所定位置に固定し、ステップS2では、ポッケルスセル31aを制御してレーザ装置31から加工用レーザ光32を出射し、ステップS3ではガルバノミラー54及びfθレンズ56により加工位置を走査して積層体51に除去部を加工する。次に、ステップS4では、レーザ照射を終了させ、ステップS5では、形状作製して終了する。

【0135】〔第18実施形態〕この実施形態では、上記実施形態のレーザ加工方法により作製された、一部に平坦面を有する立体的形状を有する構造体である。代表的サイズは加工幅がサブミクロンから数百ミクロン、加工深さが数nmから数ミクロン程度の構造体である。これらは透明層と加工用レーザ光に対する吸収層からなる。またこれらを上記実施形態の手法により複製をとることにより同一形状の高分子あるいはガラス等の立体的形状を有する素子とすることができる。

【0136】本構成により作製された素子は、底面に平坦部を有する立体的形状とすることが可能であり、たとえば深さを光の波長オーダーとすることで透過型光学素子として機能することが可能となる。また立体的加工によるマイクロマシン用デバイスやマイクロセンサー等の作製も可能となる。本実施形態により得られた素子は複雑なプロセスを利用せず、真空プロセス等を利用しないため、大型化が可能であり、大型光学素子や大面積デバイスの作製に対してメリットがある。

【0137】〔第19実施形態〕上記実施形態のレーザ加工方法により作製された、一部に平坦面を有する立体的形状を有する構造体あるいはその複製した構造体に対して、少なくとも一面に蒸着、スパッタ法等によりAlなどの反射膜を設けた素子とする。代表的サイズは加工幅がサブミクロンから数百ミクロン、加工深さが数nmから数ミクロン程度の構造体で少なくとも一面に反射層を有する。

【0138】本構成により作製された素子は、底面に平坦部を有する立体的形状とすることが可能であり、たとえば深さを光の波長オーダーとすることで反射型光学素子として機能することが可能となる。従来の手法による反射光学素子は複雑な工程を必要としたが、本方式ではレーザ光による直接立体形状加工と最終段での反射膜付加だけでよいと、安価に高精度な反射型光学素子を得ることができる。なお、本発明は上記実施例に限定されるものではない。即ち、本発明の骨子を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができる。

【0139】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1の発明によれば、光学デバイスとして利用可能な平坦面を有する

微少な立体形状を備える立体構造体の加工方法を得ることができる。請求項2の発明によれば、レーザ光吸収薄膜層は平坦基板より熱拡散が高速なので、レーザ光吸収薄膜層と平坦基板との剥離が促進される。請求項3の発明によれば、加工用レーザ光の1パルス照射と前記透明層及びレーザ光吸収薄膜層の合計厚さ分の加工深さとが対応しているので、従来のレーザアブレーションに比べて高速であり、深さ制御も極めて高精度である。

【0140】請求項4の発明によれば、平坦基板とレーザ光吸収薄膜層との間に断熱層を積層するので、平坦基板の基板材料の選択の幅が広がり、例えば平坦度の低い材料層であっても平坦基板として使用することができる。請求項5の発明によれば、レーザ光照射パルス数により加工深さをデジタル的に制御することができるので、例えば、マルチバイナリの回折光学素子、ホログラム光学素子等の光学素子を作製することができる。請求項6の発明によれば、熱拡散領域を狭くすることができる。

【0141】請求項7の発明によれば、透明層の厚みを初期段階で制御することにより、レーザ光照射強度を変化させることなく、加工深さの制御範囲を広くすることが可能となる。これにより、空間的位置により深さの異なる素子をレーザ照射数のみによりアナログ的に制御することが可能となり、また例えば深さにより特性が変わる位相変調素子等を一つの基板上に空間選択的に作製することが可能となる。請求項8の発明によれば、マスクパターンの縮小投影露光、コンタクト露光等によりマスクパターンに対応した加工パターンを形成することができる。請求項9の発明によれば、加工用レーザ光の照射位置を変えて加工するので、多様な形状の立体構造体を得ることができる。

【0142】請求項10によれば、丸穴形状の除去部分を形成することができる。請求項11の発明によれば、線形状の除去部分を形成することができ、回折型光学素子やマルチレベル回折格子を作製することができる。請求項12の発明によれば、加工材料とは異なる材料に対して立体形状品を作製することができる。

【0143】請求項13の発明によれば、レーザ光により直接形状を形成するため、従来の複雑な工程と比べて簡略化した工程で光記録媒体を製造することができる。請求項14の発明によれば、レーザ光により直接形状を形成するため、従来の複雑な工程と比べて簡略化した工程で回折光学素子を製造することができる。請求項15の発明によれば、光学デバイスとして利用可能な平坦面を有する微少な立体形状を備える立体構造体の加工装置を得ることができる。

【0144】請求項16の発明によれば、多様な形状の立体構造体を作製することができる。請求項17の発明によれば、より形状の複雑な立体構造体を作製できるとともに、大面積の加工が可能である。請求項18の発明

によれば、より形状の複雑な立体構造体を作製できるとともに、大面積の加工が可能である。

【0145】請求項19の発明によれば、熱拡散領域を狭くすることができる。請求項20の発明によれば、レーザ光照射パルス数により加工深さをデジタル的に制御することができるので、例えば、マルチバイナリの回折光学素子、ホログラム光学素子等の光学素子を作製することができる。請求項21の発明によれば、光学デバイスとして利用可能な平坦面を有する微少な立体形状を備える立体構造体を得ることができる。

【0146】請求項22の発明によれば、レーザ光吸収薄膜層はレーザ光入射方向下流側より熱拡散が高速なので、レーザ光吸収薄膜層とレーザ光入射方向下流側面との剥離が促進される。請求項23の発明によれば、レーザ光吸収薄膜層は平坦基板より熱拡散が高速なので、レーザ光吸収薄膜層と平坦基板との剥離が促進される。請求項24の発明によれば、平坦基板とレーザ光吸収薄膜層との間に断熱層を積層するので、平坦基板の基板材料の選択の幅が広がり、例えば平坦度の低い材料層であっても平坦基板として使用することができる。

【0147】請求項25の発明によれば、マルチバイナリの回折光学素子、ホログラム光学素子等の光学素子を得ることができる。請求項26の発明によれば、深さにより特性が変わる位相変調素子等の立体構造体を得ることができる。請求項27の発明によれば、金属は、薄膜として材料に付加することが容易な材料であり、かつその作製コストも非常に安価であるという利点がある。

【0148】請求項28の発明によれば、透明層としてポリマーを用いているので、膜厚を制御した透明層を安価に形成することができる。請求項29の発明によれば、高精度な加工深さ制御が可能となり、除去量を多くすることができ、さらにより高品位な加工が可能となる。請求項30の発明によれば、多様な形状の立体構造体を得ることができる。請求項31の発明によれば、レーザ光により直接形状を形成するため、従来の複雑な工程と比べて簡略化した工程で反射型光学素子を製造することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態に係る立体構造体の加工方法を示す図である。

【図2】本発明の第2実施形態に係る立体構造体の加工方法を示す図である。

【図3】本発明の第3実施形態に係る立体構造体の加工方法を示す図である。

【図4】本発明の第4実施形態に係る立体構造体の加工方法を示す図である。

【図5】本発明の第5、13実施形態に係る、光浸透長と波長との関係を示す図である。

【図6】本発明の第8実施形態に係る立体構造体の加工装置を示す図である。

【図7】本発明の第8実施形態に係る立体構造体の加工装置の制御フローチャートを示す図である。

【図8】本発明の第8実施形態に係る立体構造体の加工方法を示す図である。

【図9】本発明の第9実施形態に係る立体構造体の加工装置を示す図である。

【図10】本発明の第9実施形態に係る立体構造体の加工装置の制御フローチャートを示す図である。

【図11】本発明の第9実施形態に係る立体構造体の加工方法を示す図である。

【図12】本発明の第10実施形態に係る立体構造体の加工方法を示す図である。

【図13】本発明の第11実施形態に係る立体構造体の加工方法を示す図である。

【図14】紫外から近赤外域の波長における代表的金属の反射率を示す図である。

【図15】本発明の第14実施形態に係る立体形状品の製造方法を示す図である。

【図16】本発明の第15実施形態に係る、立体形状品の一例である光ディスク用スタンパ原盤を示す図である。

【図17】本発明の第17実施形態に係る立体構造体の加工装置を示す図である。

【図18】本発明の第17実施形態に係る立体構造体の加工装置の要部を示す図である。

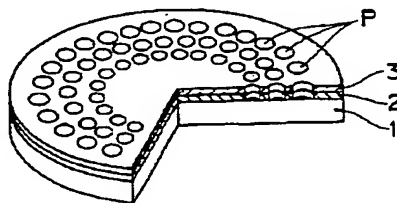
【図19】本発明の第17実施形態に係る立体構造体の加工装置の制御フローチャートを示す図である。

#### 【符号の説明】

- 1 平坦基板（ガラス基板、Si基板、SUS基板）
- 2 レーザ光吸収薄膜層（Ni薄膜）
- 2a～2c レーザ光吸収薄膜層（Ni薄膜）
- 3 透明層（アクリル樹脂層、ITO膜等）
- 3a～3c 透明層（アクリル樹脂層、ITO膜等）
- 4 加工用レーザー光（フェムト秒Ti:Sapphireレーザー光等）
- 4a～4f 加工用レーザー光（フェムト秒Ti:Sapphireレーザー光等）
- 5 立体構造体
- 6 断熱層（低熱拡散率層、ポリイミド層等）

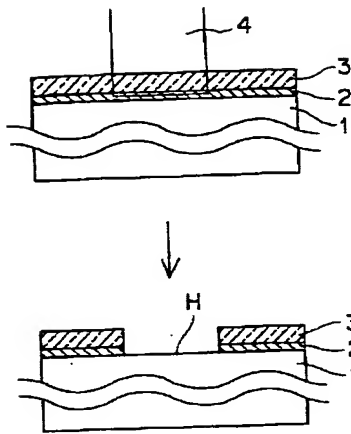
- \* 7 立体構造体
- 8 透明層（アクリル樹脂層、ITO膜等）
- 9 立体構造体
- 10 従来の立体構造体
- 10a 底面
- 11 本発明の立体構造体
- 11a 平坦面
- 12 加工用レーザー光の強度分布
- 13a 透過型液晶マスク
- 13b 第二のマスク形状
- 14a～14c 被加工物
- 15a～15c 立体構造体
- 16 加工用レーザー光の強度分布
- 17 マルチバイナリ型回折格子
- 18 表面電極作製用金属膜
- 19 金属Ni層
- 20 樹脂材
- 31 レーザ加工装置（加工用レーザー光発生手段）
- 32 加工用レーザー光
- 33 外部シャッター
- 34 1/2波長板（加工用レーザー光調整手段）
- 35 偏光ビームスプリッター（加工用レーザー光調整手段）
- 36 整形レンズ
- 37 反射ミラー
- 38 マスク
- 39 集光レンズ
- 40 積層体（被加工物）
- 41 移動ステージ
- 42 観察用照明
- 43 CCDカメラ
- 51 積層体（被加工物）
- 52 マスク移動ステージ
- 53 コンピュータ
- 54 ガルバノミラー
- 55 ガルバノミラーコントローラ
- 56 fθレンズ
- H 平坦面
- \* P ピット

【図16】

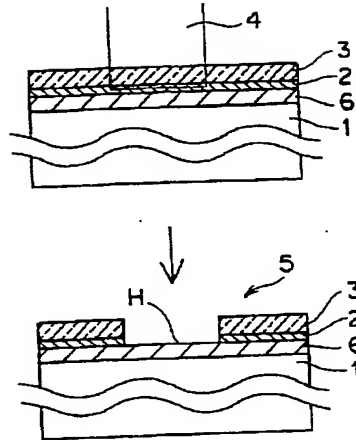




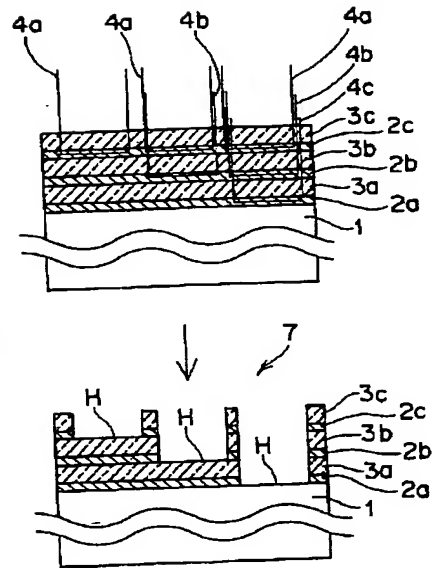
【図1】



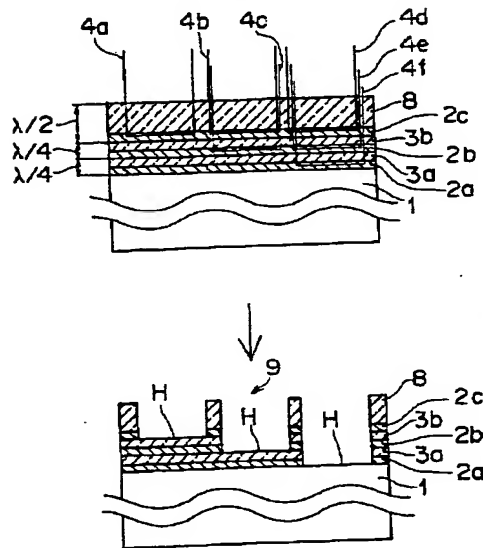
【図2】



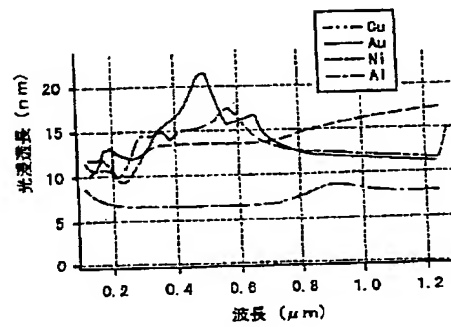
【図3】



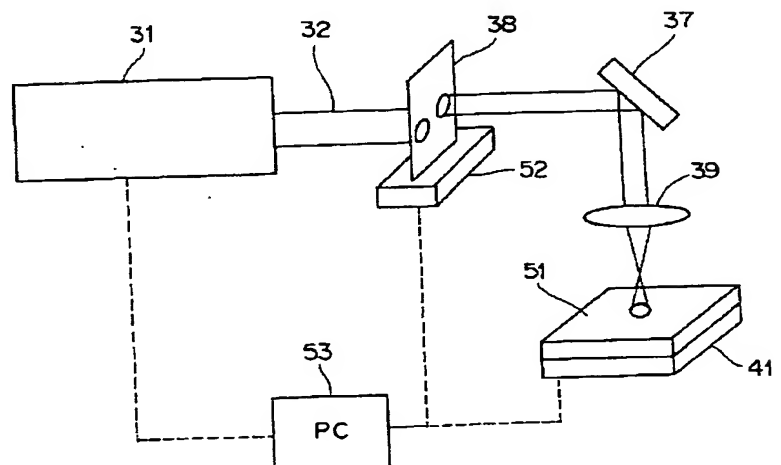
【図4】



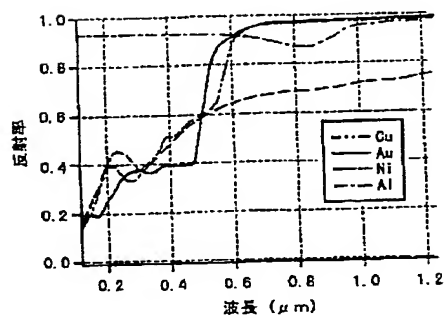
【図5】



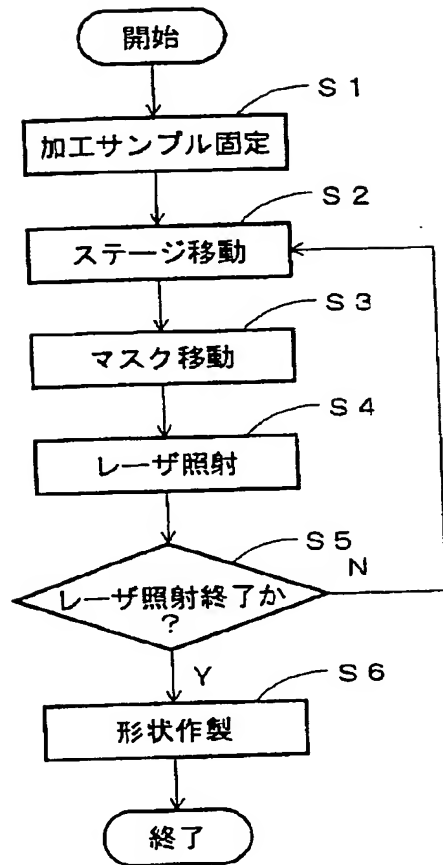
【図6】



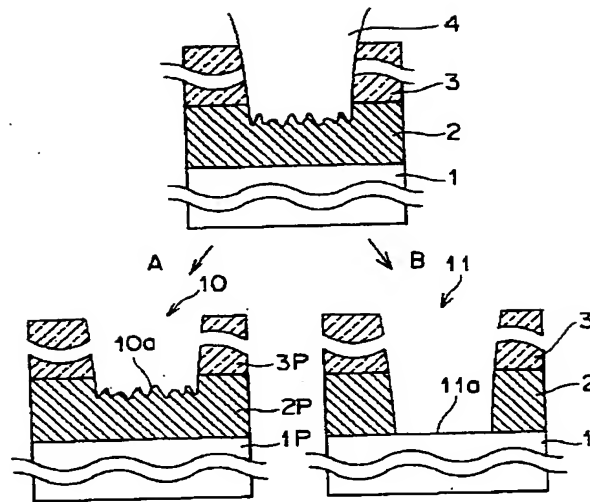
【図14】



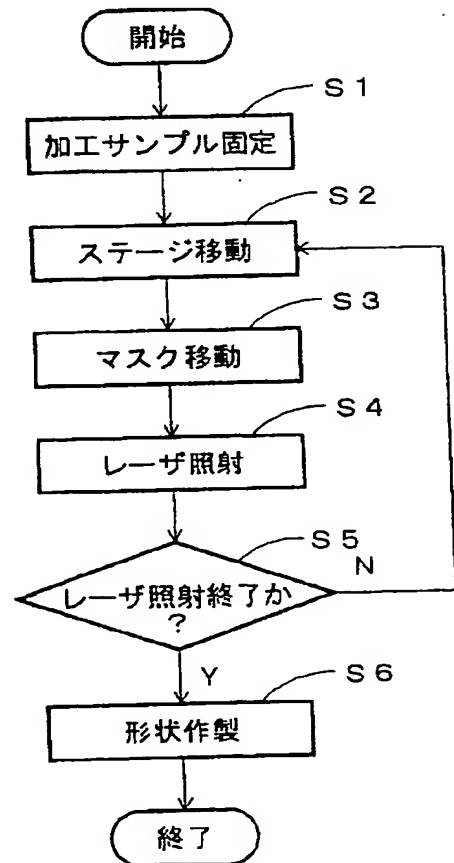
【図7】



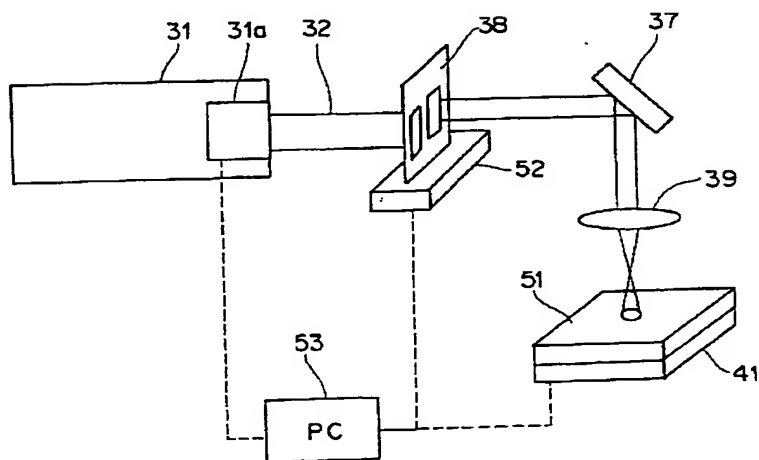
【図8】



【図10】

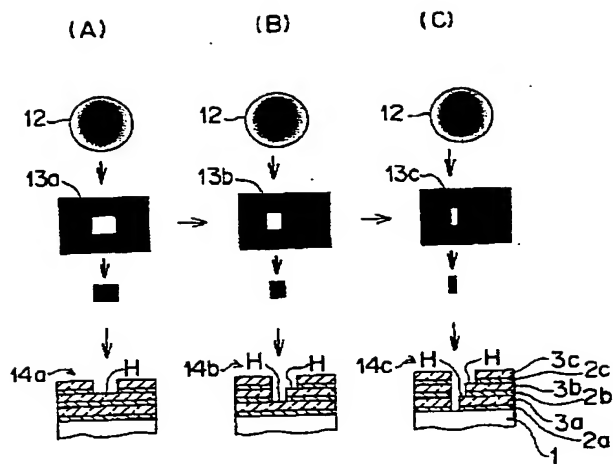


【図9】

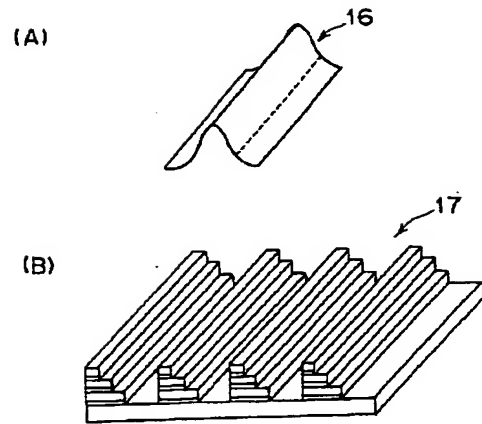




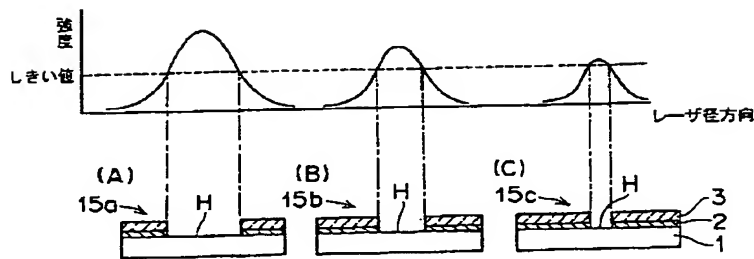
【図11】



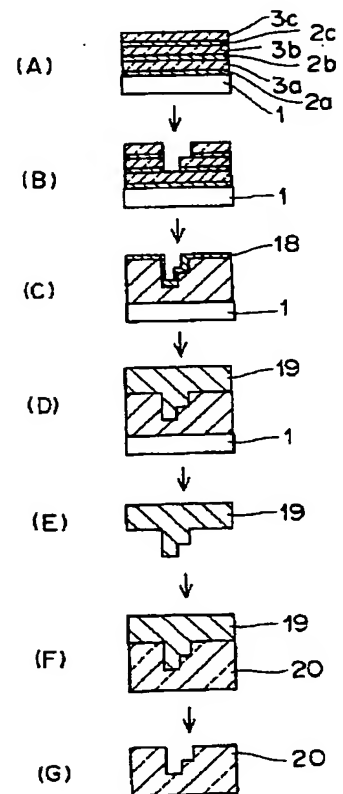
【図13】



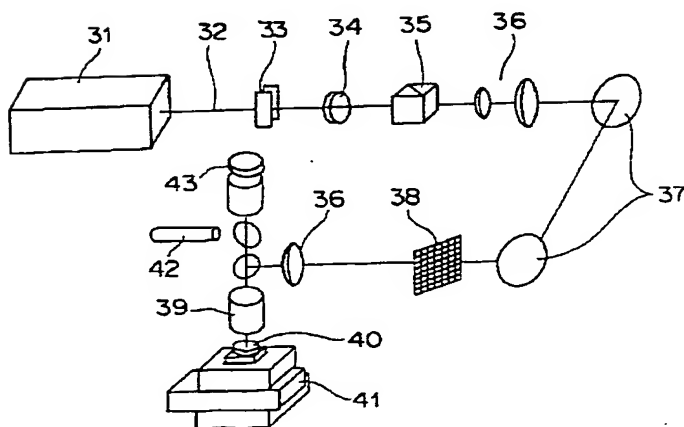
【図12】



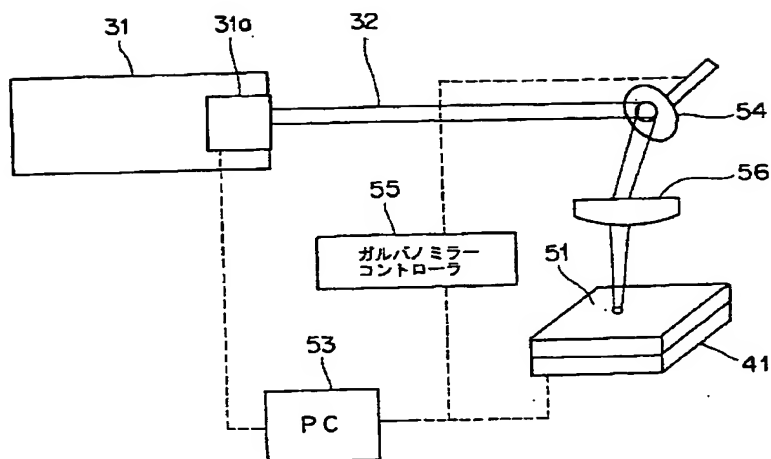
【図15】



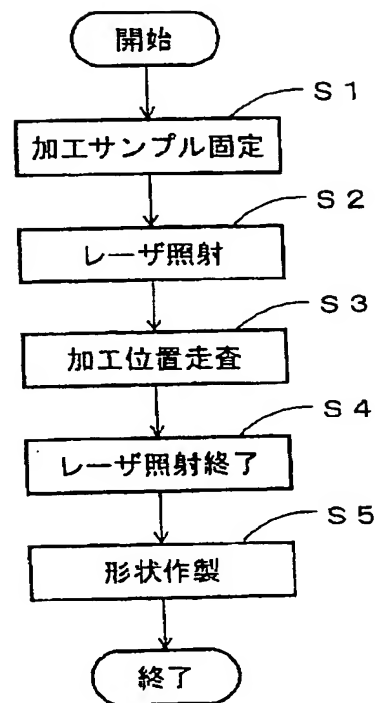
【図17】



【図18】



【図19】



フロントページの続き

(72)発明者 緑川 克美  
埼玉県和光市広沢2番1号 理化学研究所  
内

(72)発明者 熊谷 寛  
埼玉県和光市広沢2番1号 理化学研究所  
内

Fターム(参考) 2H049 AA31 AA33 AA45 AA46 AA63  
4E068 AD00 AF00 CA02 CD05 CD10  
CF00

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-245784

(43)Date of publication of application : 02.09.2003

(51)Int.Cl.

B23K 26/00  
B23K 26/06  
B23K 26/18  
// B81C 1/00

(21)Application number : 2002-044640

(71)Applicant : RICOH CO LTD  
INST OF PHYSICAL & CHEMICAL  
RES

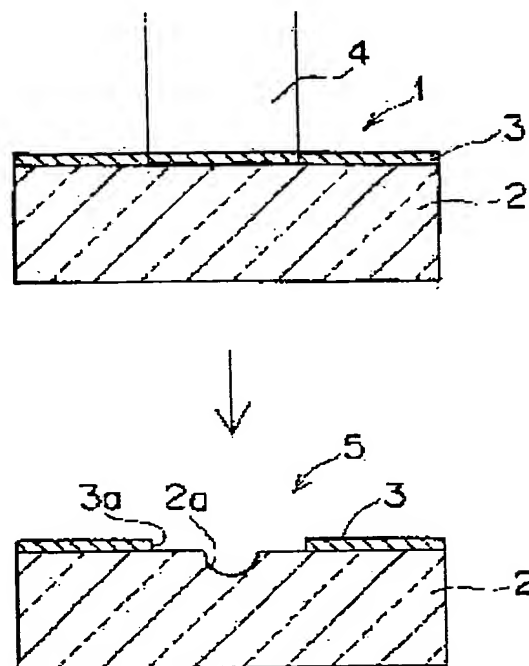
(22)Date of filing : 21.02.2002

(72)Inventor : YAMADA YASUSHI  
MIDORIKAWA KATSUMI  
KUMAGAI HIROSHI(54) LASER BEAM MACHINING METHOD AND DEVICE, AND THREE- DIMENSIONAL  
STRUCTURE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a laser beam machining method which enables micro and highly accurate machining with low energy, a laser beam machining device, and a three-dimensional structure with a highly accurate and micro shape formed therein.

SOLUTION: In this laser beam machining method, a material 1 to be machined is irradiated with a machining laser beam 4 to directly remove a part of the material 1 to be machined. The material 1 to be machined is constituted of a glass substrate 2 to be machined, and a metal thin film 3 to be deposited on a machining laser beam incident side surface of the glass substrate 2 and having the high absorbency of the machining laser beam 4, which is irradiated from the surface of the metal thin film 3 to perform the direct removal of a region more infinitesimal than the laser irradiated region.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

08.10.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

BEST AVAILABLE COPY

Searching PAJ

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-245784  
(P2003-245784A)

(43) 公開日 平成15年9月2日 (2003.9.2)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード(参考)
B 2 3 K 26/00		B 2 3 K 26/00	G 4 E 0 6 8
	3 3 0		3 3 0
26/06		26/06	E
26/18		26/18	
// B 8 1 C 1/00		B 8 1 C 1/00	
審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 11 頁)			

(21) 出願番号 特願2002-44640(P2002-44640)

(22) 出願日 平成14年2月21日 (2002.2.21)

(71) 出願人 000006747  
株式会社リコー  
東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(71) 出願人 000006792  
理化学研究所  
埼玉県和光市広沢2番1号

(72) 発明者 山田 泰史  
東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式  
会社リコー内

(74) 代理人 100060690  
弁理士 瀧野 秀雄

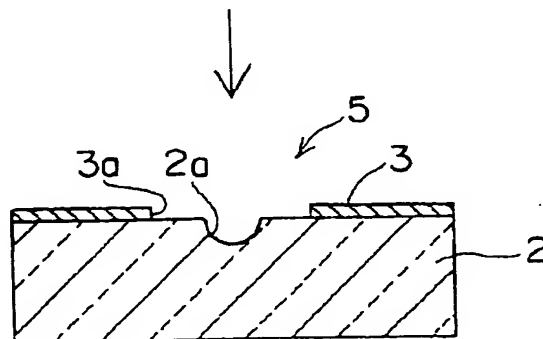
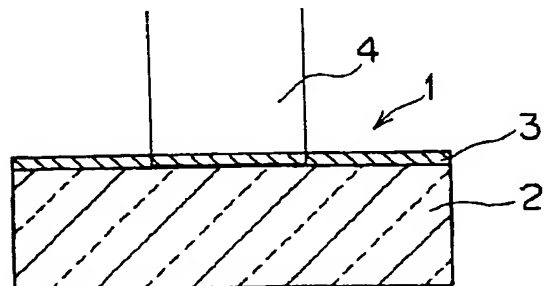
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ加工方法、レーザ加工装置及び立体構造体

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 低エネルギーで、微小且つ高精度な加工を可能としたレーザ加工方法、レーザ加工装置及び高精度且つ微細な形状が加工された立体構造体を提供する。

【解決手段】 加工用レーザ光4を被加工体1に照射して加工用レーザ光4により直接被加工体1の一部を除去するレーザ加工方法に関する。被加工体1は、加工されるべきガラス基板2と、ガラス基板2の加工用レーザ光入射側表面に形成される加工用レーザ光4の吸収の高い金属薄膜3とから構成され、金属薄膜3の表面から加工用レーザ光4を照射し、レーザ照射領域よりも微小な領域の直接除去を行う。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 加工用レーザ光を被加工体に照射して前記加工用レーザ光により直接被加工体の一部を除去するレーザ加工方法であって、

前記被加工体は、加工されるべき被加工物と、該被加工物の加工用レーザ光入射側表面に形成される前記加工用レーザ光の吸収の高い吸収薄膜材料層とから構成され、吸収薄膜材料層表面から加工用レーザ光を照射し、レーザ照射領域よりも微小な領域の直接除去を行うことを特徴とするレーザ加工方法。

【請求項 2】 前記被加工物が前記加工用レーザ光に対して透過性の高い材料から構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のレーザ加工方法。

【請求項 3】 前記被加工物が脆性材料から構成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のレーザ加工方法。

【請求項 4】 前記吸収薄膜材料層が金属薄膜であることを特徴とする請求項 1～3 の何れかに記載のレーザ加工方法。

【請求項 5】 前記加工用レーザ光の除去領域に対応する強度分布を被加工形状に対応させて整形し、その後にレーザ照射領域に比して微小な領域を加工することを特徴とする請求項 1 に記載のレーザ加工方法。

【請求項 6】 前記加工用レーザ光を集光することにより微細穴を形成することを特徴とする請求項 5 に記載のレーザ加工方法。

【請求項 7】 前記加工用レーザ光をライン状に整形することを特徴とする請求項 5 に記載のレーザ加工方法。

【請求項 8】 前記加工用レーザ光を被加工物の位置を制御しながら照射することを特徴とする請求項 6 に記載のレーザ加工方法。

【請求項 9】 前記加工用レーザ光のパルス幅が 10 ピコ秒以下であることを特徴とする請求項 1～8 の何れかに記載のレーザ加工方法。

【請求項 10】 前記加工用レーザ光のレーザ発振に同期して、レーザ光強度及び照射位置を走査し、被加工体の連続的除去を行うことを特徴とする請求項 1～8 の何れかに記載のレーザ加工方法。

【請求項 11】 加工されるべき被加工物と、該被加工物の加工用レーザ光入射側表面に形成される前記加工用レーザ光の吸収の高い吸収薄膜材料層とから構成される被加工体に、加工用レーザ光を照射して該加工用レーザ光により直接被加工体の一部を除去する加工用レーザ光発生手段と、該加工用レーザ光発生手段から出射された加工用レーザ光の強度を調整する強度調整手段と、前記加工用レーザ光を整形するレーザ光整形手段と、加工用レーザ光の被加工体に対する照射位置を制御するレーザ照射位置制御手段とを備えていることを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項 12】 加工されるべき被加工物と、該被加工

物の加工用レーザ光入射側表面に形成される前記加工用レーザ光の吸収の高い吸収薄膜材料層とから構成される被加工体と、前記加工用レーザ光により除去された前記吸収薄膜材料層の微小な除去領域と、該除去領域内であって、該除去領域より微小な被加工物の除去領域とを備える立体構造体。

【請求項 13】 請求項 12 に記載の立体構造体から前記吸収薄膜材料層が除去されたことを特徴とする立体構造体。

10 【請求項 14】 請求項 12 又は 13 に記載の立体構造体の表面に金属膜が形成されていることを特徴とする立体構造体。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、レーザビームの照射により被加工材料に直接微細な形状を形成するレーザ加工方法、レーザ加工装置及び微細な形状が加工された立体構造体に関する。

## 【0002】

20 【従来の技術】従来、微細部品の高精度な立体的形状加工法としてはフォトリソグラフィを用いたエッチング技術が主に用いられてきた。これはレジスト材料に対して光を選択的に照射し、溶液処理することにより所望のパターンを形成し、そのレジストを利用して全面にエッチングを行い、そのレジスト以外の領域を選択的に除去する方法である。

【0003】この加工法では、基本的には上記レジスト塗布から露光、定着、現像、被加工物のエッチング、レジスト除去の一連の作業により、加工部と被加工部の 2 つの領域を形成する。

30 【0004】しかし、従来のフォトリソグラフィによるエッチング工法では、プロセスが複雑で多くの処理を必要とする点、レジスト処理、露光、現像、ベーク等の複雑なプロセスが必要である点、露光プロセスでは露光量によりレジストパターンが変化するため厳密かつ均一な露光強度（時間）制御をする必要がある点、位置あわせが必要で、その調整が必要である点、深さを場所ごとに制御する場合には一度加工した基板に対して再度精密な位置あわせをして多くのプロセスを繰り返す必要がある点、一部が加工されている材料への露光は平面の基板に比べ露光条件が変化することがある点及びフォトリソグラフィでの加工では光にてレジストパターンを形成する手法が主に用いられるが、その場合光の照射領域より小さく除去領域を規定することは困難である点等の問題点がある。

40 【0005】また、従来のレーザによる微細加工には、エキシマレーザに代表される紫外、短パルスレーザあるいは Nd : YAG、Nd : YLF、Nd : YVO4 レーザなどの固体レーザの第二、第三高調波が用いられてきた。

【0006】エキシマレーザは代表値として波長157 nmから309 nm、パルス幅が数 ns から数十 ns のレーザであり、特に同波長について吸収の高い高分子に対して、その熱拡散長に比較して非常に短いパルスのレーザによって照射部を除去するので、加工部の精度が高く熱的損傷が少ない工法として知られている。

【0007】また近年金属等の微細加工法としてフェムト秒レーザを用いた加工法が知られている。これは代表値として数十フェムト秒から数百フェムト秒のパルス幅を有するレーザ光を用いた加工法である。この加工法で用いる代表的な光源に Ti : Sapphire レーザがあげられる。これらは金属やセラミックス等多くの材料に対して微細で高精度な加工が可能であることが知られ、たとえば以下の論文、あるいは発明者である熊谷、緑川による以下論文に詳しい。

Appl. Phys. A 63、109-115 (1996)

応用物理 67 (9)、1051 (1998)

O Plus E 21 (9)、1130 (1999)

このレーザによる透明材料の加工は、基本的に材料の多光子吸収を用いるため、波長以下のサイズでの加工も可能といわれるが、比較的高強度のレーザ加工条件を必要とする。

【0008】また、従来のレーザによる薄膜層の加工としては、フォトマスク修正のための金属除去法が知られている。これはガラス基板上に蒸着した金属薄膜の上面からレーザ光を照射し、その金属膜を溶融、気化することにより選択的に除去する手法である。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、CO<sub>2</sub> や YAG レーザによる加工は、基本的に熱加工であり、高分子などの低融点材料はレーザ照射部付近が容易に熱変形、溶融してしまうため高精度加工が困難であった。またガラス、セラミックス等の脆性材料では加工領域に割れやクラックが発生する場合があります、微細な形状形成は困難であった。

【0010】またエキシマレーザや YAG レーザの高調波による加工では、一般的にそのレーザ波長に対して吸収の高い材料のみに加工範囲が規定されてしまい、透明材料の加工は困難であるか、大気中で使用ができない真空紫外光で加工する必要があった。その場合でも加工する場合非常に高いレーザ照射強度を必要とする場合が多かった。さらにこれらレーザを用いた場合でも、レーザ照射領域以下の加工を行うことは困難であり、熱拡散等により照射領域以上の加工幅となることもあった。

【0011】パルス幅がサブピコからピコ秒である Ti : Sapphire レーザでのアブレーション加工の場合は、金属材料に対しても高精度な加工が可能であることが知られているが、透明材料では光浸透長が長い

め、微量の除去は困難であり、クラック等が発生する場合もあった。

【0012】近年これらサブピコ秒領域のレーザの多光子吸収による微細穴加工が行われている。これはレーザ光を高強度に集光することで透明体の光吸収を効率的にし、波長以下の分解能で加工することが可能である。しかしこれらの場合、非常に高いエネルギー密度を必要とし、非常に短パルス幅で高エネルギーのレーザ光源を必要とする問題があった。

【0013】また、従来のレーザアブレーションを用いた薄膜加工法においても、加工上面薄膜層の除去は可能であるが、加工部底面の形状に関しては考慮されていない。また薄膜をもちい同時にその接触面を除去する工法や薄膜吸収を利用して近接する材料の改質をおこなう工法は提案されているが、レーザ照射領域以下の微細な構造加工に関する報告はない。

【0014】そこで、本発明は、これら従来のレーザ加工での課題を解決し、低エネルギーで、微小且つ高精度な加工を可能としたレーザ加工方法、レーザ加工装置及び高精度且つ微細な形状が加工された立体構造体を提供することをその目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明らは鋭意研究の結果、これら従来のレーザ加工での課題を解決し、微細な加工を実現するための方法を新たに見いだした。これはレーザ吸収層とレーザ照射強度分布との関係を利用した方法であり、これによりレーザ照射領域以下の微細加工が可能となる。またこれは従来のレーザ加工法で難加工材といわれている材料に関して微細でかつ微量の加工が、バリ、ゆがみ等が発生することなく、実現可能となる。

【0016】上記目的を達成するために請求項1の発明は、加工用レーザ光を被加工体に照射して前記加工用レーザ光により直接被加工体の一部を除去するレーザ加工方法であって、前記被加工体は、加工されるべき被加工物と、該被加工物の加工用レーザ光入射側表面に形成される前記加工用レーザ光の吸収の高い吸収薄膜材料層とから構成され、吸収薄膜材料層表面から加工用レーザ光を照射し、レーザ照射領域よりも微小な領域の直接除去を行うことを特徴とするレーザ加工方法である。また、請求項2の発明は、前記被加工物が前記加工用レーザ光に対して透過性の高い材料から構成されていることを特徴とする請求項1に記載のレーザ加工方法である。また、請求項3の発明は、前記被加工物が脆性材料から構成されていることを特徴とする請求項1に記載のレーザ加工方法である。また、請求項4の発明は、前記吸収薄膜材料層が金属薄膜であることを特徴とする請求項1～3の何れかに記載のレーザ加工方法。また、請求項5の発明は、前記加工用レーザ光の除去領域に対応する強度分布を被加工形状に対応させて整形し、その後にレーザ



(4)

5

照射領域に比して微小な領域を加工することを特徴とする請求項1記載のレーザ加工方法。また、請求項6の発明は、前記加工用レーザ光を集光することにより微細穴を形成することを特徴とする請求項5に記載のレーザ加工方法。また、請求項7の発明は、前記加工用レーザ光をライン状に整形することを特徴とする請求項5に記載のレーザ加工方法。また、請求項8の発明は、前記加工用レーザ光を被加工物の位置を制御しながら照射することを特徴とする請求項6に記載のレーザ加工方法。また、請求項9の発明は、前記加工用レーザ光のパルス幅が10ピコ秒以下であることを特徴とする請求項1～8の何れかに記載のレーザ加工方法。また、請求項10の発明は、前記加工用レーザ光のレーザ発振に同期して、レーザ光強度及び照射位置を走査し、被加工体の連続的除去を行うことを特徴とする請求項1～8の何れかに記載のレーザ加工方法。

【0017】また、請求項11の発明は、加工されるべき被加工物と、該被加工物の加工用レーザ光入射側表面に形成される前記加工用レーザ光の吸収の高い吸収薄膜材料層とから構成される被加工体に、加工用レーザ光を照射して該加工用レーザ光により直接被加工体の一部を除去する加工用レーザ光発生手段と、該加工用レーザ光発生手段から出射された加工用レーザ光の強度を調整する強度調整手段と、前記加工用レーザ光を整形するレーザ光整形手段と、加工用レーザ光の被加工体に対する照射位置を制御するレーザ照射位置制御手段とを備えていることを特徴とするレーザ加工装置。

【0018】また、請求項12の発明は、加工されるべき被加工物と、該被加工物の加工用レーザ光入射側表面に形成される前記加工用レーザ光の吸収の高い吸収薄膜材料層とから構成される被加工体と、前記加工用レーザ光により除去された前記吸収薄膜材料層の微小な除去領域と、該除去領域内であって、該除去領域より微小な被加工物の除去領域とを備える立体構造体。また、請求項13の発明は、請求項12に記載の立体構造体から前記吸収薄膜材料層が除去されたことを特徴とする立体構造体。また、請求項14の発明は、請求項12又は13に記載の立体構造体の表面に金属膜が形成されていることを特徴とする立体構造体。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

【第1実施形態】図1は本発明の第1実施形態に係る立体構造体の加工方法を示す図、図2は加工用レーザ光の幅方向の位置と強度との関係を示す図である。

【0020】第1実施形態のレーザ加工方法では、まず、加工ターゲットである被加工物としての平坦基板2であるガラス基板上に加工用レーザ光4に対して吸収の高い吸収薄膜材料層である金属薄膜3を形成する。このとき金属薄膜3の膜厚はレーザ光吸収長（光浸透長）オ

ーダーとすることが望ましい。

【0021】次に、加工用レーザ光4を金属薄膜3の表面に空間選択的にある強度分布をもって照射する。このある強度分布とは目的の加工部で強度が最大となるよう整形されている強度分布のことである。金属薄膜3に対して加工用レーザ光4を1パルス照射することで、金属薄膜3の微小領域の除去を行い、その金属薄膜3へ付加したエネルギーにより、強度分布の最大領域付近にレーザ光照射幅以下の微細形状を生成する。加工用レーザ光4のレーザ光強度を調整することにより、加工対象物の除去幅、除去深さを制御することが可能となる。

【0022】前記金属薄膜3としては、例えばCu、Ni、Al等を用いることができる。また、前記吸収薄膜材料層として、金属薄膜3以外にも金属酸化膜、セラミック薄膜等を使用することができる。

【0023】本実施形態のレーザ加工方法では、吸収薄膜材料層である金属薄膜3での吸収を利用するため、加工用レーザ光4の吸収を効率よく行うことが可能となり、これにより吸収薄膜材料層を用いない場合に比べ低エネルギーでの加工が可能となる。

【0024】ここで加工用レーザ光4のレーザ光強度を調整することにより、レーザ光強度分布の強い領域のみでの加工が実現され、これによりレーザ光照射領域よりも微小領域の加工が可能となる。また吸収薄膜材料層でエネルギーが伝搬して加工されるため、通常のレーザ加工での問題であるバリやかけ、クラック等のない、高精度な加工が実現できる。

【0025】また、被加工物としての平坦基板2を構成する材料としてガラス、石英等の透明材料を用いる。このとき照射する加工用レーザ光は透明材料に対して吸収の低い波長領域を有するものでもよく、吸収材料を選ぶことで幅広い波長の加工用レーザを選択可能である。

【0026】通常のレーザ熱加工では、透明材料への加工は非常に困難であり、その光浸透長が長い場合、光浸透長より浅い領域加工は困難であった。しかし、本加工方法を用いることで透明材料に対して微量を精度良く加工することが可能となる。特に本加工方法では透明材料に対してもナノメートルオーダーの深さの除去加工が可能であり、これは透明材料の光浸透長に対して大幅に短い領域である。

【0027】またこれら透明材料加工では、照射部にバリやかけ、クラック等が発生し、高精度加工は困難であったが、本加工方法ではこれらクラック等のない、高精度な加工が実現できる。

【0028】また従来のフェムト秒レーザを用いた集光加工による透明材料加工では、集光のために非常に高いレーザパルスエネルギーを必要としたが、本加工方法では吸収材料が効率的に光吸収を行うため、低エネルギーでの加工が可能となる。生産性の向上に対して有利となる。

(5)

7

【0029】この実施形態のレーザ加工方法では被加工物の材料としてガラス、セラミック等の脆性材料を用いる。このとき照射レーザ光は脆性材料に対して吸収の低い波長領域でもよく、吸収薄膜材料層の材料を選ぶことで幅広い波長のレーザを加工用レーザとして選択可能である。脆性材料の光学特性によらないレーザ加工方法のため、幅広い材料に適用可能である。

【0030】通常のレーザ熱加工では、脆性材料への加工は非常に困難であり、急激な除去により加工部周辺にクラック等の発生が起きることが問題となっていた。本実施形態の加工方法を用いることで光のエネルギーを吸収薄膜材料層で吸収し、そのエネルギーを用いて接触した平坦基板を除去することで、バリ等のない微小な加工が実現できることを見出した。これによりクラック等の発生を抑えた高品位な加工が実現される。

【0031】これは特にレーザ光照射分布を与えて加工を行うことで、強度中心での加工のみが起き、それにより照射レーザ幅以下の微小幅除去が可能となる。また従来のレーザを用いた脆性材料加工では、非常に高いレーザパルスエネルギーを必要とする場合があったが、本加工方法では吸収薄膜材料層の材料が効率的に光吸収を行うため、低エネルギーでの加工が可能となる。

【0032】この実施形態のレーザ加工方法では吸収薄膜材料層として金属薄膜を利用する。金属は真空蒸着、スパッタ等により容易に基板に作製することが可能である。このとき金属薄膜は数ナノメートルから数百ナノメートル程度の膜厚とすることが望ましい。

【0033】金属は紫外から近赤外領域まで全体に吸収の高い材料が多く、これらを利用することで効率的にエネルギーを利用することが可能となる。またこのとき光浸透長も短いため、数ナノメートルから数十ナノメートル程度の金属表面でレーザ光が吸収されてしまう。この非常にわずかな領域にエネルギーが集中するため、吸収薄膜材料層の除去と被加工物の除去とを効率的に行うことが可能となる。さらに金属材料は熱拡散が大きいいため、そのエネルギー移動も高速となり、被加工物の加工材料除去に対して効果的である。

【0034】第1実施形態の加工方法は、特に加工用レーザ光として、そのパルス幅がサブピコ秒であるTi:Sapphireレーザおよびその高調波、ピコ秒オーダーであるNd:YAGレーザなどの固体レーザ、あるいはその高調波を用い、吸収薄膜材料層の材料として、Ni、Au、Alなどの金属薄膜を用いる。金属薄膜の膜厚は加工用レーザ光の光浸透長以上でかつその数倍程度であることが望ましい。

【0035】第1実施形態の加工方法では、加工用レーザ光にピコ秒オーダー以下の極短パルスレーザ光を用いる。このレーザ光は近年開発が進んでおり、代表的レーザにTi:Sapphireレーザがある。このTi:Sapphireレーザは標準的に数10fsから20

0fs程度のパルス幅を持ち、800nm付近の中心波長で発振する。

【0036】このような極短パルスレーザにおいては、特に材料への照射時間が短いことから熱的変質を抑制した高精度加工が可能であることが知られている。これら加工特性に関しては例えば以下の参考文献(Appl. Phys. A 63, 109-115 (1996))に示されている。レーザパルス幅が短いことから金属などの熱伝導の高速な材料に対しても、アブレーション加工可能なことが知られている。

【0037】上記参考文献に示されるように、ピコ秒以下の時間領域では、電子温度と格子温度とが均一でない、2温度拡散式により記述されることが明らかになってきている。このときレーザ光のエネルギーは数ピコ秒程度で格子系へと熱として拡散し、レーザ照射領域の除去がおきる。

【0038】本実施形態では、金属薄膜を吸収薄膜材料層としてその熱拡散領域を制限する。これにより金属薄膜での熱拡散範囲は限定され、低エネルギーで金属薄膜の除去が可能となり、併せて効率的に加工対象物である被加工体の加工が実現される。

【0039】特に通常の金属では拡散長が大きいいためレーザ照射位置から除去幅が広がってしまうが、パルス幅を数ピコ秒とすることで代表的な金属においても、その拡散幅を1ミクロン以下とすることが可能となる。また、金属膜は安価で作製が容易である利点もある。

【0040】[実施例] 第1実施形態のレーザ加工方法の一実施例を図1に沿って示す。スパッタ、蒸着、スピコート等の処理により、ガラス、石英等の透明材料、セラミック等の脆性材料からなる平坦基板2上に金属薄膜3を形成する。この金属薄膜3上から加工用レーザ光4を図2に示すようなある強度分布にて1パルス照射する。加工用レーザ光4のレーザ光強度を調整することにより、レーザ照射部の金属薄膜3の除去と併せて、加工対象物である平坦基板2の除去も同時に起きる。図2のようなレーザ強度分布をもった光照射を行うことで、金属薄膜3の除去領域3aよりも微小な除去領域2aの除去がおき、それにより微細な形状を有する立体構造体6が形成される。

【0041】図3は本発明の第1実施形態で吸収薄膜材料層として用いる、代表的金属の光吸収係数と波長との関係を示す図であり、参考例としてシリコンの光吸収係数と波長との関係も示している。図4は本発明の第1実施形態で吸収薄膜材料層として用いる、代表的金属の光浸透長と波長との関係を示す図である。

【0042】図3に示すように、このように特に可視領域では金属の光吸収は波長に依存せず、かつ非常に大きな値であることが分かる。

【0043】図4に示すように、金属の光吸収長(光浸透長)Dは、複素誘電率 $\kappa$ 、吸収係数 $\alpha$ 、波長 $\lambda$ により

50

次式(1)で示されることが知られている。

$$(1) D = \alpha^{-1} = \lambda / 4 \pi \kappa$$

【0044】このように光浸透長は数十nmオーダーであり、この狭い領域にエネルギーが集中することが分かる。前記加工用レーザとして、本実施例ではパルス幅が10ピコ秒以下のレーザ、例えば、Ti:Sapphireレーザを用いた。

【0045】熱拡散長 $L$ は、熱拡散率 $D$ 、経過時間 $\tau$ としたとき、次式(2)で表される。

$$(2) L = \sqrt{D \tau}$$

金属、ガラス、高分子の熱拡散率代表値は次の表1で表される。

【0046】

【表1】

熱拡散範囲	1 p s	1 n s	1 $\mu$ s	( $\mu$ m)
金属	~0.01	~0.3	~10	
Glass	0.001	0.03	1	
ポリマー	<0.001	0.02	0.5	

【0048】【第2実施形態】図5(A)は整形された加工用レーザ光の強度分布を模式的に示す図、同(B)は(A)図中のB-B断面の位置と強度との関係を示す図、同(C)は被加工体の加工形状を示す斜視図、同(D)は加工された被加工体の位置と形状との関係を示す図である。

【0049】第2実施形態の加工方法では、照射レーザ光の光分布をレンズ、ミラー、回折光学素子、光学マスク等により整形し、レーザ照射領域で空間選択的に分布を有する状態とする。例えば、図5(A)、(B)に示すような輪帯の中心が極大のリング状分布やレーザ光を分割したような多数ビーム、任意のパターン形状等があげられる。これら形状を特に目的とする加工部で強度が最大となるように整形する。このように整形された加工用レーザ光を加工対象物の表面に照射し、レーザ強度最大値付近の任意形状の加工を行う。

【0050】このように、レーザ光を整形することで、レーザ光1パルス照射で任意の形状加工が可能となる。また、分割したビームを利用することで、同一の形状の加工を一括して同時に作製することが可能となる。さらにレーザ強度に分布を与えることで加工幅、加工深さを制御することが可能となり、レーザ光1パルス照射で同時に深さの異なる穴を形成することが可能となる。

【0051】図5(A)、(B)に示すように、この実施形態の加工用レーザ光4は回折光学素子等によりリング状に強度分布が整形されている。このとき輪帯幅中心

材料	熱拡散率(D)
金属	$20 \sim 200 \times 10^{-6}$
Glass	$0.3 \sim 2 \times 10^{-6}$
ポリマー	$0.2 \sim 0.5 \times 10^{-6}$

【0047】経過時間での金属、ガラス、高分子の拡散長代表値は次の表2で表される。

【表2】

付近の強度が周囲よりも高い状態となる。

【0052】この形状をレンズ等により投影して加工材料5の表面に照射する。この照射により第1実施形態と同様に照射部での除去がおき、図5(C)、(D)に示すように、その照射強度中心付近にレーザ照射径よりも微細な穴形状が形成される。これによりレーザ光1パルス照射によりリング状の微細加工が実現される。

【0053】【第3実施形態】図6の(A)は第3実施形態で用いる加工用レーザ光の強度分布を模式的に示す斜視図、同(B)は(A)の強度分布を有する加工用レーザ光で加工された立体構造体の斜視図である。

【0054】照射レーザ光の光分布をレンズ、ミラー、回折光学素子、光学マスク等により整形し、図6(A)に示すように、レーザ照射領域でライン状のビーム形状とする。これは例えばシリンドリカルレンズを組み合わせることにより容易に実現可能となる。この整形された加工用レーザ光4を被加工体1の表面に照射することで、図6(B)に示すように、加工部に線状のパターンを照射領域幅より狭い形状で形成する。

【0055】このように、レーザ光をライン状に整形することで、レーザ光1パルス照射で照射幅より狭いライン状の形状を形成することができる。これは回折型素子やマイクロマシン、マイクロセル等に利用することが可能である。線状に形成したパターンを集光することで、比較的簡便な光学系を用いて照射強度を調整することが容易となる。また加工位置を制御して加工することで連

続したライン状パターンを任意のピッチで形成することが可能となる。

【0056】図6に示すように、加工用レーザー光4をライン状の強度分布を有する形状に整形する。これをレンズ等で集光することで、短軸側がガウス分布に近い形状となり基板に照射される。これにより吸収薄膜材料層のライン状の除去部分と、吸収薄膜材料層のライン状の除去部分より微細なライン状の除去部分が被加工物に作製される。吸収薄膜材料層を加工後に除去することで、被加工物表面に微小なライン状パターンが形成される。

【0057】〔第4実施形態〕図7はガラス基板上の加工例の断面形状を測定した位置と高さとの関係を示す図である。

【0058】この第4実施形態の加工方法では、被加工体として、ガラス基板上に吸収薄膜材料層としての白金層を形成したものをを用いている。この被加工体上に白金層側から加工用レーザー光を集光レンズ等により集光して照射する。このとき加工用レーザーの加工部ではガウス分布に近い回転対称な強度分布となる。これにより、図7に示すように、吸収薄膜材料層としての白金層の除去パ

ターンとそれよりも狭い被加工物としてのガラス基板の除去パターンとが2段になって形成される。

【0059】このように集光するための光学系を用いることで、微小な穴を被加工物の表面に形成することが可能となる。この集光型光学系は非常に単純な構成とすることができ、レーザー照射範囲、強度調整が容易であり、それにより加工幅、加工深さの制御も容易となるメリットがある。

【0060】また、このとき吸収薄膜材料層の加工径と、被加工物の加工径とはその幅を独立に制御することが可能であり、2段の立体形状を作製することができる。さらに照射位置を制御して加工することで、多数の穴を連続して形成することが可能となる。

【0061】〔実施例〕図7に実際のガラス基板上の加工例を示す。このとき吸収薄膜材料層として白金層20nmを用い、レーザーにTi:Sapphireレーザー、中心波長800nm、パルス幅約150フェムト秒を用いている。このときレーザー照射幅はほぼ薄膜の除去幅である20μm程度としている。このレーザー照射強度を調整することで、加工中心付近に幅2μm、深さ20nm程度の微細な穴が形成される。

【0062】これは従来のレーザー加工では困難な除去量であり、本加工方法により微少な除去が実現可能であることを示す。またこのように2段の形状を同時に形成することができ、この形状をマイクロマシンやマイクロセンサー等で利用することも可能である。

【0063】〔第5実施形態〕第5実施形態のレーザー加工装置は、レーザー光強度を制御する強度調整手段と、レーザー光を伝送する伝送手段と、レーザー照射位置を制御する位置制御手段とを備えて構成され、加工対象物である

被加工体上に連続して加工用レーザー光を照射することで任意の位置に形状を作製する。

【0064】強度調整手段としては、加工用レーザー光の透過率を連続あるいはステップ状に変化せしめる透過型フィルタや位相変調素子、1/2波長板と偏光ビームスプリッタ等が利用でき、伝送手段としてはレンズ、ミラーや回折光学素子等が利用できる。また、位置制御手段としては、ガルバノミラー、fθレンズ、ポリゴンミラー等の光学素子や基板を固定して移動するリニア、回転ステージ等が利用できる。

【0065】第5実施形態のレーザー加工装置によれば、加工用レーザー光を制御して被加工体の表面に照射することで、大面積に連続して形状を形成することが可能となる。また同時にレーザー照射強度を変化させることで、加工径、加工深さを任意に調整することが可能となる。

【0066】図8は本発明の第5実施形態に係る立体構造体のレーザー加工装置を示す図である。図8に示すように、第5実施形態のレーザー加工装置は、加工用レーザー光4を出射する加工用レーザー光発生手段であるレーザー装置11と、1/2波長板14と偏光ビームスプリッタ15あるいはNDフィルタ等の加工用レーザー光4の強度調整手段と、整形レンズ16、反射ミラー17等のレーザー光整形手段とを備えて構成され、空間的にレーザー光照射位置を限定し、第1実施形態から第4実施形態の何れかのレーザー加工方法で用いるレーザー加工装置である。

【0067】レーザー装置11の内部あるいは外部にはシャッタ13等のレーザー照射数を制御する手段を設けることが望ましく、加工用レーザー光4は被加工体1を固定する移動ステージ21に同期して照射されることが望ましい。この移動ステージ21によりレーザー光照射位置制御手段が構成される。

【0068】このレーザー加工装置によれば、従来の加工装置で問題であった難加工材料に対しての微細な形状を有する構造体の加工を行うことが可能となる。また従来困難であったレーザー照射領域以下の微量加工が可能となる。さらに、移動ステージ21を移動して加工することが可能であるので、大面積の加工を行うことができる。

【0069】〔実施例〕図8に示すように、レーザー装置11から出射された加工用レーザー光4は外部シャッタ13で照射時間を制御して1/2波長板14に入射される。ここで1/2波長板14を回転することで、加工用レーザー光4の偏光面と1/2波長板14との相対的な軸方向が変化し、偏光ビームスプリッタ15によってビーム強度が調整される。ビーム強度を調整された加工用レーザー光4は、レンズ系である整形レンズ16やミラー系である反射ミラー17によりビーム形状を整形、伝送される。加工用レーザー光4の形状制御を行う場合にはフォトリソマスク等のマスク18を用い形状転写を行う。微細加工時はマスク18を通さず集光レンズ19により集光

され、薄膜付加材料としての被加工体 1 表面に結像される。被加工体 1 は移動ステージ 2 1 等により加工位置を制御される。このとき加工位置での加工形態を観察するため、観察用照明 2 2 を設置した観察装置を配置し、CCD カメラ 2 3 等によりその形状を観察することも可能である。この加工用レーザ装置により、容易に微細形状を有する構造体の加工が可能となる。

【0070】【第 6 実施形態】第 6 実施形態の立体構造体は、第 5 実施形態に記載のレーザ加工装置により作製された、微小立体的形状を有する立体構造体である。

【0071】この立体構造体の構成は、加工されるべき被加工物であるガラス基板 2 と、ガラス基板 2 の加工用レーザ光入射側表面に形成される加工用レーザ光 4 の吸収の高い吸収薄膜材料層である金属薄膜 3 とから構成される被加工体 1 と、加工用レーザ光 4 により除去された吸収薄膜材料層 3 の微小な除去領域 3 a と、除去領域 3 a 内であって、除去領域 3 a より微小なガラス基板 2 の除去領域 2 a とを備えている。この立体構造体の代表的サイズは、加工幅が数百ナノから数十ミクロン、加工深さが数 nm から数ミクロン程度である。

【0072】この実施形態の立体構造体の構成により作製された素子は、微小な形状、深さを有する構造体とすることが可能である。さらに、連続した形状を作製することで、例えば深さを光の波長オーダーとすることで透過型光学素子としてあるいは反射型光学素子として機能することが可能となる。2 段の立体的形状を有することからマイクロマシン用デバイスやマイクロセンサー等の作製も可能となる。

【0073】本実施形態の立体構造体の構成を有する素子は、複雑なプロセスを利用せず、真空プロセス等を利用しないため、大型化が可能であり、大型光学素子や大面積デバイスの作製に対して利点がある。

【0074】【第 7 実施形態】この第 7 実施形態の立体構造体は、第 5 実施形態に記載のレーザ加工装置により作製された、微小立体的形状を有する構造体である。この立体構造体の代表的サイズは加工幅が数百 nm から数十  $\mu$ m、加工深さが数 nm から数  $\mu$ m 程度の構造体から吸収薄膜材料層をその後の処理により選択的に除去する。この選択的除去は溶媒での溶解、エッチング等により実現可能である。

【0075】この実施形態の構成により作製された素子は、吸収薄膜材料層を除去しているため、被加工物のみの立体形状構造体となる。そのため被加工物の機能を損なうことなく、利用することが可能となる。例えば、透明材料からなる被加工物に形成した吸収薄膜材料層を除去することで透過型光学素子として機能させたり、セラミックス材料からなる被加工物上の吸収薄膜材料層を除去してその後上面に他の構造体を形成したりすることが可能となる。またこのとき吸収薄膜材料層を除去することで 2 段状の形状でなくなるため、加工形状の制約が少

なくなり、幅広い設計値に対して適応が可能となる。

【0076】【第 8 実施形態】第 8 実施形態の立体構造体は、第 5 実施形態のレーザ加工装置により作製された、微小立体的形状を有する構造体である。この立体構造体の代表的サイズは加工幅が数百ナノから数十ミクロン、加工深さが数 nm から数ミクロン程度である。この立体構造体を作製後、その吸収薄膜材料層上面あるいは吸収薄膜材料層を剥離した被加工物表面に対して金属膜を付加し、微細な構造を有する金属面を作製する。付加する金属膜はスパッタ、蒸着等の処理により容易に形成することが可能である。

【0077】本実施形態の立体構造体の構成により作製された素子は、表面に金属面を有する立体形状構造体となる。そのため金型として、その後の電鍍処理等により複製が可能となる。これを利用することで、1 つの素子作製から多くの同一形状、あるいは反転形状の素子を作製することが可能となる。

【0078】また金属の反射を利用することで、立体構造体を反射型光学素子として利用することも可能となる。これにより反射型回折格子や反射型回折光学素子として利用することが可能となる。

【0079】以上のように、本発明は、レーザビームの照射により被加工材料に直接微細な形状を形成するレーザ加工方法に関するものであり、特にレーザ光 1 パルスでレーザ照射領域より小さい微細穴を形成しかつ該レーザに対して難加工性の材料に対して適応可能なレーザ加工方式に関する。

【0080】また、特に微細形状を必要とされる高精度部品形成を目的とし、光ディスクの記録ビット形成、その原盤である光ディスク成形用スタンプの形成方法、マルチレベル回折格子や回折型ホログラムなどの光学素子およびその原盤の作製方法、マイクロマシン、マイクロセンサー等の微細穴加工方式、透過型光学材料等への直接穴形成方式等の微細デバイスに関する。なお、本発明は上記実施形態又は実施例に限定されるものではない。即ち、本発明の骨子を逸脱しない範囲で種々変形して実施することができる。

【0081】

【発明の効果】以上説明したように、請求項 1 の発明によれば、吸収薄膜材料層を用いない場合に比べ低エネルギーでの加工が可能となり、照射領域より小さい加工幅で加工でき、微細な形状を形成することができる。請求項 2 の発明によれば、透過性の高い材料の上に吸収薄膜材料層が形成されているので、透過性の高い材料から構成されている被加工物の微細且つ高精度加工が可能である。請求項 3 の発明によれば、脆性材料から構成されている被加工物に対して、バリ、クラック等の発生を防止して、高品位な加工を行うことができる。請求項 4 の発明によれば、被加工物及び吸収薄膜材料層の除去を効率的に行うことができる。請求項 5 の発明によれば、加

工用レーザ光を整形して照射しているので、被加工物の任意の形状を加工することができる。請求項6の発明によれば、加工用レーザ光を集光して照射しているので、より微細な形状を加工することができる。請求項7の発明によれば、微細なライン状の形状を加工することができる。請求項8の発明によれば、多数の穴を連続して形成することができる。請求項9の発明によれば、パルス幅が短いので、金属等の熱伝導の高速な材料であっても、熱拡散領域を制限することができるので、低エネルギーで熱伝導の高速な材料を除去することができるとともに、効率的に加工することができる。請求項10の発明によれば、大面積に連続して形状を形成することができる。

【0082】請求項11の発明によれば吸収薄膜材料層を用いない場合に比べ低エネルギーでの加工が可能となり、照射領域より小さい加工幅で加工でき、微細な形状を形成することができるとともに、微細な形状を連続的に形成することができ、さらに大面積の加工を行うことができる。

【0083】請求項12の発明によれば、微細な形状が加工された立体構造体を得ることができる。請求項13の発明によれば、被加工物を透明体から構成することにより透過型光学素子として利用できるとともに、加工形状の制約が少なくなり、幅広い設計値に対して適応が可能となる。請求項14の発明によれば、反射型回折格子等の反射型光学素子を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態に係る立体構造体の加工方法を示す図である。

【図2】加工用レーザ光の幅方向の位置と強度との関係を示す図である。

【図3】本発明の第1実施形態で吸収薄膜材料層として用いる、代表的金属の光吸収係数と波長との関係を示す図である。

【図4】本発明の第1実施形態で吸収薄膜材料層として\*

\*用いる、代表的金属の光浸透長と波長との関係を示す図である。

【図5】(A)は整形された加工用レーザ光の強度分布を模式的に示す図、(B)は(A)図中のB-B断面の位置と強度との関係を示す図、(C)は被加工体の加工形状を示す斜視図、(D)は加工された被加工体の位置と形状との関係を示す図である。

【図6】(A)は第3実施形態で用いる加工用レーザ光の強度分布を模式的に示す斜視図、(B)は(A)の強度分布を有する加工用レーザ光で加工された立体構造体の斜視図である。

【図7】ガラス基板上の加工例の断面形状を測定した位置と高さとの関係を示す図である。

【図8】本発明の第5実施形態に係る立体構造体のレーザ加工装置を示す図である。

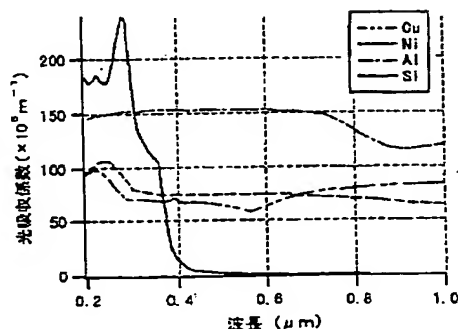
【符号の説明】

- 1 被加工体
- 2 ガラス基板 (被加工物)
- 2 a 除去領域
- 3 金属薄膜 (吸収薄膜材料層)
- 3 a 除去領域
- 4 加工用レーザ光
- 5 立体的構造体
- 11 レーザ装置
- 13 外部シャッター
- 14 1/2波長板 (強度調整手段)
- 15 偏光ビームスプリッタ (強度調整手段)
- 16 整形レンズ (レーザ光整形手段)
- 17 反射ミラー (レーザ光整形手段)
- 18 マスク
- 19 集光レンズ
- 21 移動ステージ
- 22 観察用照明
- 23 CCDカメラ

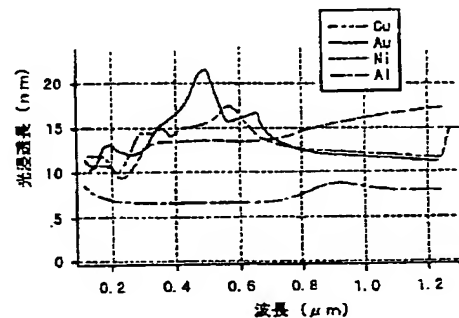
【図2】



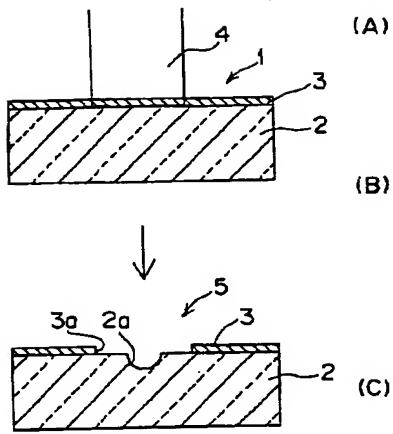
【図3】



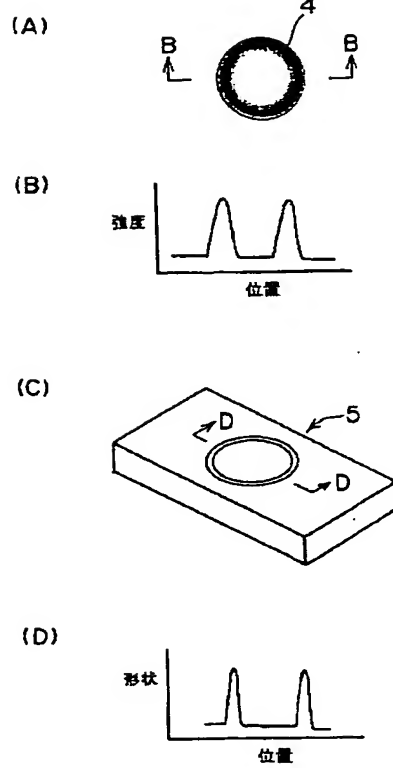
【図4】



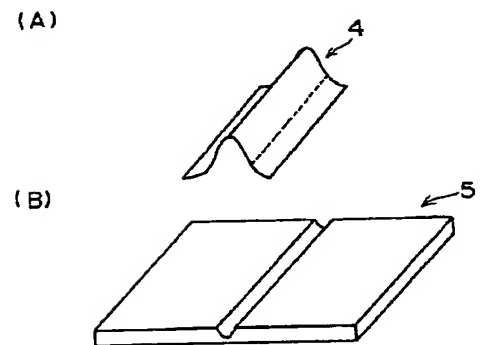
【図1】



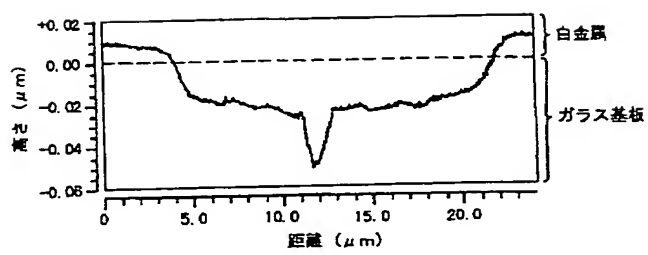
【図5】



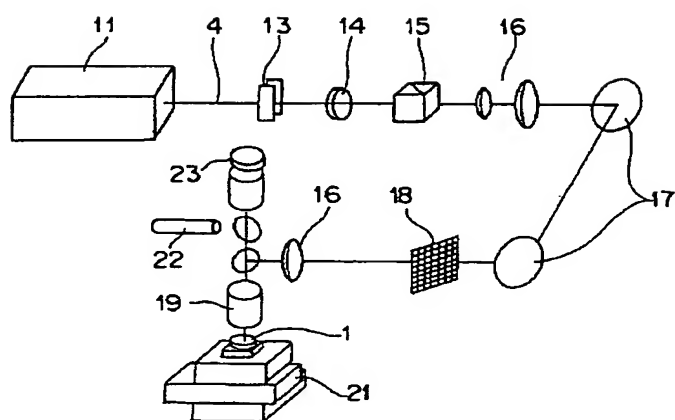
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 熊谷 寛  
埼玉県和光市広沢2番1号 理化学研究所  
内

Fターム(参考) 4E068 AC01 AF01 CA03 CD05 CE02  
CE04 CF03 DB13



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-010310

(43)Date of publication of application : 15.01.2004

(51)Int.Cl.

B65H 5/02  
B23K 26/00  
B23K 26/06  
B23K 26/08  
G03G 21/00

(21)Application number : 2002-169169

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 10.06.2002

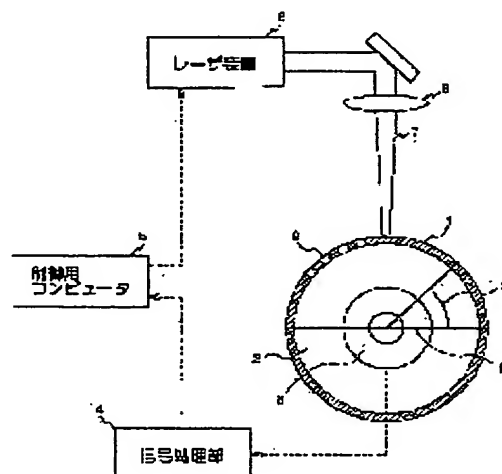
(72)Inventor : YAMADA YASUSHI

**(54) METHOD FOR FORMING SLITS WITH CONSTANT INTERVAL ONTO BELT TYPE STRUCTURE AND IMAGE FORMING DEVICE**

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a method for forming slits with constant intervals onto a belt type structure, easily forming slits with accurate constant intervals throughout the whole length of surface of the belt type structure.

**SOLUTION:** In this method, a rotor 2 for holding the belt 1, measuring means 3, 4, 5 for measuring rotation angle of the rotor, and a laser emitting means 6 for emitting laser beam are provided on the barrel face, laser beam is space-selectively radiated with synchronizing with the rotation angle of the rotor, and a slit shape with a constant interval is formed continuously and throughout the entire periphery on the belt surface.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

23.02.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

**BEST AVAILABLE COPY**

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-10310

(P2004-10310A)

(43) 公開日 平成16年1月15日(2004.1.15)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

F1

テーマコード(参考)

B65H 5/02

B65H 5/02

B

2H035

B23K 26/00

B23K 26/00

D

3F049

B23K 26/06

B23K 26/06

J

4E068

B23K 26/08

B23K 26/08

D

G03G 21/00

G03G 21/00

350

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2002-169169(P2002-169169)

(22) 出願日 平成14年6月10日(2002.6.10)

(71) 出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72) 発明者 山田 泰史

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

株式会社リコー内

Fターム(参考) 2H035 CB06 CG01

3F049 BA01 LA02 LA07 LB03

4E068 AD01 CA08 CB05 CD10 CE04

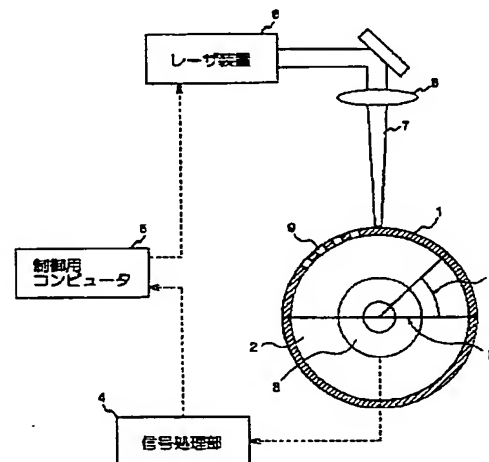
(54) 【発明の名称】 ベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法及び画像形成装置

## (57) 【要約】

【課題】 ベルト状構造体の表面全長にわたって精度の良い等間隔のスリットを容易に作成することが可能なベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法を提供する。

【解決手段】 ベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法であって、胴面上にベルト1を保持する回転体2と、該回転体の回転角を計測する計測手段3、4、5と、レーザ光を出射するレーザ出射手段6とを有し、該回転体の回転角に同期してレーザ光を空間選択的に照射し、ベルト表面に連続的にかつ全周にわたり等間隔なスリット形状を形成する。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項1】**

ベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法であって、胴面上にベルトを保持する回転体と、該回転体の回転角を計測する計測手段と、レーザ光を出射するレーザ出射手段とを有し、該回転体の回転角に同期してレーザ光を空間選択的に照射し、ベルト表面に連続的にかつ全周にわたり等間隔なスリット形状を形成することを特徴とするベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法。

**【請求項2】**

ベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法であって、ベルトが無端状に掛け回される少なくとも2つ以上の回転体と、ベルトに接触して配置される位置決め手段と、ベルト表面の移動量を計測する移動量計測手段と、レーザ光を出射するレーザ出射手段とを有し、回転体の移動量に同期してレーザ光を空間選択的に照射し、ベルト表面に連続的にかつ全周にわたり等間隔なスリット形状を形成することを特徴とするベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法。

10

**【請求項3】**

請求項1または2に記載のベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法において、レーザ光照射位置を制御するフォトマスクと、該フォトマスクを移動する移動手段とで構成され、該レーザ照射位置をベルトの移動に同期して移動させることによりスリットを形成することを特徴とするベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法。

**【請求項4】**

請求項1乃至3のいずれかに記載のベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法において、ベルト表面の全周長をスリットピッチの整数倍とすることを特徴とするベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法。

20

**【請求項5】**

請求項1乃至4のいずれかに記載のベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法において、ベルト固定手段が複写機あるいはプリンタの潜像担持体ベルト、像担持体ベルト、紙搬送ベルトのいずれかであることを特徴とするベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法。

**【請求項6】**

請求項1乃至5のいずれかに記載のベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法において、ベルト状構造体の少なくとも一部に、表面に光反射膜を有する材料を接着し、該反射膜表面にスリットを形成することを特徴とするベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法。

30

**【請求項7】**

請求項1乃至5のいずれかに記載のベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法において、ベルト状構造体の少なくとも一部に磁性体膜を有する材料を接着し、該磁性体膜表面にスリットを形成することを特徴とするベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法。

**【請求項8】**

請求項6または7に記載のベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法において、スリット形成材料の端部を傾斜形状にし、該スリット形成材料の端部が少なくとも接触しないように隙間を設けて接着し、該隙間を設けて接着したスリット形成材料の端部間ではスリットが少なくとも一カ所以上両方に掛け渡されるように配置することを特徴とするベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法。

40

**【請求項9】**

請求項6または7に記載のベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法において、スリット形成材料の端部を少なくとも接触しないように隙間を設けて接着し、レーザ光をスリット形成材料に対して斜方向に照射してスリットを形成し、前記隙間を設けて接着したスリット形成材料の端部間ではスリットが少なくとも一カ所以上両方に掛け渡されるように配置することを特徴とするベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法。

50

## 【請求項10】

請求項1乃至9のいずれかに記載のベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法において、レーザが、紫外短パルスレーザ、極短パルスレーザのいずれかであることを特徴とするベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法。

## 【請求項11】

請求項1乃至10の何れか一項に記載の等間隔スリット形成方法によりスリット形成を受けたベルト状構造体を備えたことを特徴とする画像形成装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、ベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法、より詳細には、電子写真複写機やプリンタ等の画像形成装置に使用される感光体ベルト、転写ベルト、紙搬送ベルト等のベルト状構造体の位置検出、位置制御、フィードバック制御等に利用される光学式センサ（エンコーダ）に対応可能なベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法に関し、リニアエンコーダやロータリエンコーダ用のスリット、ベルト状搬送装置の位置制御用のスリット、ロボットアーム等の位置検出用のスリット、フレキシブルなリニアセンサ用のスリット等の作成に応用可能なベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法に関するものである。

## 【0002】

## 【従来の技術】

本発明の従来技術として、特開平7-027910号公報に記載の「光学素子の製造方法および回折格子の製造方法並びにその製造装置」がある。

また、特開平8-179108号公報に記載の「回折光学素子の加工方法及び加工装置」が存在する。

従来技術において、複写機に用いられる二次転写ベルト等のベルト状構造体（以下、ベルトと称する）の表面の移動量の計測は、ベルトの表面と接触して回転する回転体の回転軸の回転角度から算出される場合がほとんどであった。しかし、回転軸からベルトの移動量を算出する方法では、回転体の加工精度や取り付け精度により、回転体の楕円形状による計測誤差や偏心による計測誤差が存在してしまい、特に、ミクロンオーダーでの制御を必要とするカラー複写機やカラーコピー機の位置制御においては、そのような計測誤差が大きな問題となっていた。

また、これら回転軸では、ベルトと回転体との間に滑りが発生する可能性もあり、そのような場合の位置制御ができなかった。

そのような問題を解決するためには、ベルト表面の移動量を直接検出することが望ましく、その移動に対応して変化するベルトにスリットを作成することが望まれていた。しかし、一般に、ベルトは柔軟性のある弾性体で構成されているため、ベルトの表面にスリットを直接作成することは困難であった。ベルトの表面にスリットを作成するための一例として、スリットのついた材料をベルトの表面に張り付けることが考えられる。しかし、このスリットが作成された材料も、ベルトと同様に弾性変化する必要があり、その作成は困難であった。柔軟性のある材料へのスリットの作成方法としては、硬度の高い型を柔軟性を有する材料に押し付けることによってその柔軟性のある材料を変形させて作る方法や、インク等によってスリット状に直接印刷する手法が実現されている。

またスリットのベルト表面への作成法として、本出願人によるレーザでの直接加工法がある（特開2001-183943公報参照）。

## 【0003】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述のような型押し付けによる手法は、ベルトそのものが変形を起こす可能性があり、比較的硬い材料にしか適用できず、また、加工精度が悪いため、ミクロンオーダーの加工精度での作成は困難であった。さらに、ベルト材料の周長が加工精度、のび等により異なるため全面を固定ピッチで加工する場合端部でピッチ誤差が発生してしまう問

10

20

30

40

50

題があった。

一方、上述のような印刷によるスリット作成方法では、ベルトの全面に渡って印刷することが困難であり、“押し付け”や“こすり”によって材料表面の位置がずれる可能性があった。また、印刷による方法では、100ミクロン以下程度のピッチでのスリット作成は困難であり、さらに、作成精度が悪く、光学式センサにおける反射膜のリードエラーを起こす可能性があった。

さらにこの手法においてもピッチは印刷マスクで固定されてしまうため、同様に全周にわたってスリットを形成した場合、端部でピッチ誤差が発生してしまう問題があった。

また発明者による方式においても同様にベルト材料に対して等間隔のスリットを表面に形成することが可能であるが、ベルト状構造体の場合、加工精度、のび、変形等により表面の周長が異なるため、全面にわたってスリットを形成しようとした場合、端部においてピッチ誤差が生じてしまう問題があった。

本発明は、上述のような実情を考慮してなされたもので、ベルト状構造体の表面全長にわたって精度の良い等間隔のスリットを容易に作成することが可能なベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法を提供することを目的としてなされたものである。

#### 【0004】

##### 【課題を解決するための手段】

前記の課題を解決するために、請求項1記載の発明では、ベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法に関して、胴面上にベルトを保持する回転体と、該回転体の回転角を計測する手段と、レーザ光を出射する手段とを有し、該回転体の回転角に同期してレーザ光を空間選択的に照射し、ベルト表面に連続的にかつ全周にわたり等間隔なスリット形状を形成するベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法を最も主要な特徴とする。

請求項2記載の発明では、ベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法に関して、ベルトが無端状に掛け回される少なくとも2つ以上の回転体と、ベルトに接触して配置される位置決め手段と、ベルト表面の移動量を計測する手段と、レーザ光を出射する手段とを有し、回転体の移動量に同期してレーザ光を空間選択的に照射し、ベルト表面に連続的にかつ全周にわたり等間隔なスリット形状を形成するベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法を主要な特徴とする。請求項3記載の発明では、請求項1または2に記載のベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法において、レーザ光照射位置を制御するフォトマスクと、該フォトマスクを移動する手段とで構成され、該レーザ照射位置をベルトの移動に同期して移動させることによりスリットを形成するベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法を主要な特徴とする。

請求項4記載の発明では、請求項1乃至3のいずれかに記載のベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法において、ベルト表面の全周長をスリットピッチの整数倍とするベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法を主要な特徴とする。

請求項5記載の発明では、請求項1乃至4のいずれかに記載のベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法において、ベルト固定手段が複写機あるいはプリンタの潜像担持体ベルト、像担持体ベルト、紙搬送ベルトのいずれかであるベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法を主要な特徴とする。

請求項6記載の発明では、請求項1乃至5のいずれかに記載のベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法において、ベルト状構造体の少なくとも一部に、表面に光反射膜を有する材料を接着し、該反射膜表面にスリットを形成するベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法を主要な特徴とする。

#### 【0005】

請求項7記載の発明では、請求項1乃至5のいずれかに記載のベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法において、ベルト状構造体の少なくとも一部に磁性体膜を有する材料を接着し、該磁性体膜表面にスリットを形成するベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法を主要な特徴とする。

請求項8記載の発明では、請求項6または7に記載のベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法において、スリット形成材料の端部を傾斜形状にし、該スリット形成材料の

10

20

30

40

50

端部が少なくとも接触しないように隙間を設けて接着し、該隙間を設けて接着したスリット形成材料の端部間ではスリットが少なくとも一カ所以上両方に掛け渡されるように配置するベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法を主要な特徴とする。

請求項9記載の発明では、請求項6または7に記載のベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法において、スリット形成材料の端部を少なくとも接触しないように隙間を設けて接着し、レーザ光をスリット形成材料に対して斜方向に照射してスリットを形成し、前記隙間を設けて接着したスリット形成材料の端部間ではスリットが少なくとも一カ所以上両方に掛け渡されるように配置するベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法を主要な特徴とする。

請求項10記載の発明では、請求項1乃至9のいずれかに記載のベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法において、レーザが、紫外短パルスレーザ、極短パルスレーザのいずれかであるベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法を主要な特徴とする。

請求項11の発明に係る画像形成装置は、請求項1乃至10の何れか一項に記載の等間隔スリット形成方法によりスリット形成を受けたベルト状構造体を備えたことを特徴とする。

#### 【0006】

##### 【発明の実施の形態】

以下、図面により本発明の実施の形態を詳細に説明する。請求項1記載の発明の一実施形態を図1に示す。ベルト1は円筒状の回転体である円筒ドラム2の外側表面にたるみのない状態で配置する。この円筒ドラム2には回転角計測用のロータリーエンコーダ3を回転軸と同軸に配置する。このロータリーエンコーダ3の信号は信号処理部4から制御用コンピュータ5に送られ、その位置信号に同期して、レーザ装置（レーザ出射手段）6からレーザ光7が照射される。このときレーザ光7はレンズ8やミラー等によって整形され、ベルト1表面上に照射される。レーザ光照射部はレーザアブレーション、レーザトリミング、レーザ表面改質等の作用により、ベルト1表面にパタンが形成される。このとき回転角がスリット数nに対して式(1)、即ち、

$$\theta = 360 / n \quad \dots (1)$$

で示す角度θのときにレーザ光を照射する。これによりn個のスリット9が等間隔でベルト1表面に形成される。このときベルト1表面でのスリット9のピッチpは円筒ドラム2とベルト1の厚みから算出した表面周長Lとの間に式(2)、即ち、

$$p = L / \theta \quad \dots (2)$$

で示す関係が成り立つ。この時逆にピッチpとスリット数n、周長Lから回転角θを算出し、それに同期して表面に等間隔のスリット9を形成することもできる。

なお、ロータリーエンコーダ3、信号処理部4、及び制御用コンピュータ5は、回転体の回転角度を計測する計測手段を構成している。

このベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法によれば、1つの回転体の胴面上にベルトを保持することにより、装置構成が簡略化され、位置決め制御も回転角を制御するのみで全周にわたって抜けやピッチ誤差なく等間隔でスリットを作成することが可能となる。またレーザ光によって加工することで加工幅を調整することが容易であり、非接触で全周にわたってスリットを作成することができる。

#### 【0007】

請求項2記載の発明の一実施形態を図2に示す。ベルト1は円筒状の回転体10、11により保持され、回転モータ12により駆動される。このとき回転体11は位置調整ローラ（位置決め手段）13に対してベルト1が接触する位置まで移動してベルト1を固定する。これにより、ベルト1表面の周長Lは常に同一の長さとなる。このときベルト1表面の移動量は、例えば、接触して回転するローラ14の回転量から算出することが可能である。このときベルト1表面の移動量はセンサ15から制御用コンピュータ5に信号が送られ、その位置信号に同期してレーザ装置（レーザ出射手段）6からレーザ光7が照射される。このときレーザ光7はレンズ8やミラー等によって整形され、ベルト1表面上に照射される。レーザ光照射部はレーザアブレーション、レーザトリミング、レーザ表面改質等の

10

20

30

40

50



作用により、ベルト1表面にパタンが形成される。このときベルト1表面でのスリット9のピッチ $p$ は上記表面周長 $L$ とスリット数 $n$ の間に式(3)、即ち、

$$p = L / n \quad \dots (3)$$

で示す関係となる。

なお、制御部用コンピュータ5、ローラ14、センサ15は、移動量計測手段を構成している。

このベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法によれば、2つ以上の回転体によって保持されているので、レーザ照射位置をベルトの直線部分にすることが可能であり、加工精度、加工領域の向上を図ることができる。また加工装置を小型化することも容易となり、さらに位置決め位置を変更するだけで周長のベルトに対応することが可能となる。またベルトの取り付けが容易であり、のびの少ない材料に対して対応可能となる。

#### 【0008】

請求項3記載の発明の一実施形態を図3に示す。ベルト1の表面上にフォトマスク16を配置する。これは回転によって開口の位置が変化しレーザ光7は同一の場所を照射するものとする。このとき図示しないモータ等のフォトマスク移動手段によりベルト1の移動量と同一量だけフォトマスク16を移動方向に移動する。フォトマスク16が回転体の場合には、回転量によってほぼレーザ照射位置が変化しないように移動する。このときフォトマスク16のピッチ $p$ は式(1)、(2)を満足するものとする。レーザ光7は少なくとも1本のスリット通過中に1回以上照射されるようにする。ほぼ連続的にレーザ光7を照射することも可能である。これにより、常にレーザ照射位置が一定の場所となるため、連続的にベルト1表面に等間隔のスリット9が作成できる。

このベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法によれば、レーザ光の伝送を光ファイバーで行うことにより、装置や光学系配置のためのスペースをコンパクトにすることができ、さらに、バンドルファイバー等を用いることによってレーザ光の分岐ができ、一度に大面積の加工が可能となる。また、光ファイバーの場合、レーザ光の照射位置調整が容易であり、メンテナンスの時間が短縮される。

請求項4記載の発明では、所望のスリットのピッチ $p$ とスリット数 $n$ に対して、ベルト保持材料の直径や位置決め回転体の位置を調整する等してベルト1の表面長 $L$ を式(4)、即ち、

$$L = n \times p \quad \dots (4)$$

で示す長さに調整する。これによりピッチ $p$ とスリット数 $n$ を同時に所望の値で設計することが可能となる。

このベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法によれば、請求項1乃至3のいずれかに記載のベルト表面周長をスリットピッチとスリット数から求められる長さにするだけで一定ピッチで所望スリット数を有する全長にわたるスリット形成が可能となる。これにより検出器の仕様にあったスリットを作成することができ、検出器での検出精度を上げ、かつスリット数をカウントすることで絶対位置の検出が可能となる。

#### 【0009】

請求項5記載の発明では、複写機、プリンタ等の感光体ベルト、転写ベルト、紙搬送ベルトの位置制御用スリット作成に関して、スリット作成装置と実際の複写機、プリンタで用いられる該ベルト保持装置（ベルト固定手段）と同一のものを利用して、スリット作成を行う。このとき作成したスリットは別途取り付け、取り外しすることなく実機に搭載することが可能となる。また取り付け作業時に発生するベルトののび等によるスリット位置誤差を低減することができる。

このベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法によれば、複写機、プリンタの位置制御用スリットとして本スリットを用いる場合、実際に搭載されるベルト移動機構を用いることで、スリット作成装置が低コストで作成でき、かつスリット作成後に材料を取りはずし、取り付けする必要があるためそれによる位置誤差をのぞくことが可能となる。さらに容易にスリットを作成、搭載することができ低コスト化が可能となる。

#### 【0010】

10

20

30

40

50

請求項6記載の発明の一実施形態を図4に示す。ベルト1の外周面の一部に、光反射膜19を高分子基板18に配置する。反射膜としてはAl、Ni等の金属膜などが利用でき、スパッタ、蒸着等により容易に高分子基板18上に配置できる。高分子基板18としてはポリエステル、ポリカーボネート、ポリイミド等の材料を利用できる。これをベルト1に接着層17を介して接着する。次に、このベルト1上の光反射膜19の一部に膜側からレーザー光7を空間選択的に照射し、レーザーアブレーション、レーザートリミングの作用によって光反射膜19の一部を除去する。次に、ベルト1の外周面の位置を制御しながら回転させ、同様のレーザー光7を照射することによって異なる部分の光反射膜19を除去する。これを繰り返し行ない、連続的に光反射膜19を除去することにより、光学式センサで読み取り可能な光反射型のスリット9を作成することが可能となる。このとき、レーザー照射形状をマスクやレンズ等で変え、ベルト1表面の移動量を制御することにより、様々な形状やピッチのスリット9が作成可能であり、直接、ベルト1上へのスリット9の形成が可能となる。

10

このベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法によれば、特に反射膜を利用した位置センサは比較的安価で高精度なものを利用することが可能であるため、本方式で反射パターンを有するスリットを作成することで、前記センサを利用した高精度かつ安価な位置検出機構を構築することが可能となる。

請求項7記載の発明では、請求項6記載の反射膜の代わりに磁性体材料を用い、磁性体材料の連続したスリットを作成する。磁性体材料としては鉄系の多くの薄膜材料や磁気記録用材料が利用できる。このスリットを用いることで、磁気センサーにより表面位置の検出が可能となり、ベルト1表面の連続した位置検出が可能となる。

20

このベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法によれば、磁性体のパターンを検出するセンサはパターンを直接磁気ヘッドで検出することが可能であり、低価格、小型化することが容易となる。本方式で磁気パターンを有するスリットを作成することで、前記センサを利用した安価で小型な位置検出機構を構築することが可能となる。

#### 【0011】

請求項8記載の発明の一実施形態を図5に示す。図5はベルト1を上面から見た形で示す。ベルト1の外周面の一部に、例えば反射膜付材料20を接着材料によって張り付ける。この材料は柔軟性の高いものとし、ベルト1の変形と同様に変形するものが望ましい。この材料を接着する際、その端部21は図5のように斜めに切断した形状とし、互いに重なることのないように配置する。その後、図5に示す反射膜付材料20表面に前記手法によりスリット22を連続的に形成する。このとき端部21ではスリット22が両方に掛け渡されるように配置する。これにより、位置検出部での信号変化を少なくし、安定した表面位置検出が可能となる。

30

このベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法によれば、端部の形状を本方式にすることで、端部で問題となるスリット接着時の重なりによる変形、反射部の空きによる信号検出エラーを回避し、安定した位置検出を連続して等間隔で行うことが可能となる。

請求項9記載の発明の一実施形態を図6に示す。図6はベルト1を上面から見た形で示す。ベルト1の外周面の一部に、例えば反射膜付材料20を接着材料によって張り付ける。この材料は柔軟性の高いものとし、ベルト1の変形と同様に変形するものが望ましい。この材料を接着する際、その端部23は互いに重なることのないように配置する。その後、図6に示す反射膜付材料20表面に前記手法によりスリット24を連続的に形成する。このときスリット24はベルト1の移動方向に対して図6に示すように斜めの形状とし、端部23ではスリット24が両方に掛け渡されるように配置する。これにより、位置検出部での信号変化を少なくし、安定した表面位置検出が可能となる。

40

このベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法によれば、上記請求項8記載の発明の効果と同様にスリット形状を移動方向に対して傾け、さらに本方式に示すように端部の処理をすることで、端部で問題となるスリット接着時の重なりによる変形、反射部の空きによる信号検出エラーを回避し、安定した位置検出を連続して等間隔で行うことが可能となる。

50

## 【0012】

請求項10記載の発明は、レーザ光を、紫外短パルスレーザ、極短パルスレーザのいずれかにしたものである。上記紫外短パルスレーザは、波長が300nm以下程度から200nm程度の範囲のレーザで、パルス幅がns程度のもので、エキシマレーザ、Nd:YAGレーザの第四高調波などがある。また、上記極短パルスレーザは、パルス幅が数十フェムト秒(10-15s)から数十ピコ秒(10-12s)程度のもので、チタンサファイアレーザや短パルス化したYAGレーザなどがある。短波長による効果としては、特に紫外域では、一般的に、材料に対する吸収が高くなり、エネルギーが効率的に加工に使用できる点、集光性能が高く、高分解能での加工が可能となる点が挙げられる。また、短パルスによる効果としては、特にフェムト秒程度のパルス幅になると熱伝導の高い金属でも照射時間内での熱拡散が少なくなり、熱的な損傷や溶融などを低減できる点、赤外域等の波長でも多光子吸収等が起きやすくなり、それらの波長でも、材料に対して高いエネルギーを与えることができる点などが挙げられる。

10

この発明では、レーザ光を、特に、紫外短パルスレーザ、極短パルスレーザ、極端紫外レーザのいずれかにすることにより、レーザアブレーション作用を高くすることができ、通常のレーザ光で起こる熱影響によるレーザ照射端部の形状悪化を抑制することが可能となる。また、これらのレーザを用いてレーザアブレーション加工を行うことで、熱加工に比べて高精度で狭ピッチのスリット加工が可能となる。

尚、本発明のベルト状構造体表面への等間隔のスリット形成方法は、上述の図示例にのみ限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変更を加え得ることは勿論である。

20

## 【0013】

次に、本発明のスリット形成方法によってスリット形成を受けたベルト状構造体は、例えば電子写真式の画像形成装置のベルト部材、例えば感光体ベルト、転写ベルト、紙搬送ベルト等に適用することができる。なお、電子写真式画像形成装置については周知であるため、図示説明は省略するが、少なくとも、潜像担持体を中心とした画像形成部(帯電部、露光部、現像部、転写部、定着部)、書込み光学系、読取り光学系、給紙装置等を備えている(請求項11)。

## 【0014】

## 【発明の効果】

以上説明したように、請求項1記載のベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法によれば、1つの回転体の胴面上にベルトを保持することにより、装置構成が簡略化され、位置決め制御も回転角を制御するのみで全周にわたって抜けやピッチ誤差なく等間隔でスリットを作成することが可能となる。またレーザ光によって加工することで加工幅を調整することが容易であり、非接触で全周にわたってスリットを作成することができる。

30

請求項2記載のベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法によれば、2つ以上の回転体によって保持されているので、レーザ照射位置をベルトの直線部分にすることが可能であり、加工精度、加工領域の向上を図ることができる。また加工装置を小型化することも容易となり、さらに位置決め位置を変更するだけで周長のベルトに対応することが可能となる。またベルトの取り付けが容易であり、のびの少ない材料に対して対応可能となる。

40

。請求項3記載のベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法によれば、レーザ光の伝送を光ファイバーで行うことにより、装置や光学系配置のためのスペースをコンパクトにすることができ、さらに、バンドルファイバー等を用いることによってレーザ光の分岐ができ、一度に大面積の加工が可能となる。また、光ファイバーの場合、レーザ光の照射位置調整が容易であり、メンテナンスの時間が短縮される。

請求項4記載のベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法によれば、請求項1乃至3のいずれかに記載のベルト表面周長をスリットピッチとスリット数から求められる長さにするので一定ピッチで所望スリット数を有する全長にわたるスリット形成が可能となる。これにより検出器の仕様にあったスリットを作成することができ、検出器での検出精

50

度を上げ、かつスリット数をカウントすることで絶対位置の検出が可能となる。

#### 【0015】

請求項5記載のベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法によれば、複写機、プリンタの位置制御用スリットとして本スリットを用いる場合、実際に搭載されるベルト移動機構を用いることで、スリット作成装置が低コストで作成でき、かつスリット作成後に材料を取りはずし、取り付けする必要がないためそれによる位置誤差をのぞくことが可能となる。さらに容易にスリットを作成、搭載することができ低コスト化が可能となる。

請求項6記載のベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法によれば、特に反射膜を利用した位置センサは比較的安価で高精度なものを利用することが可能であるため、本方式で反射パターンを有するスリットを作成することで、前記センサを利用した高精度かつ安

10

価な位置検出機構を構築することが可能となる。  
請求項7記載のベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法によれば、磁性体のパターンを検出するセンサはパターンを直接磁気ヘッドで検出することが可能であり、低価格、小型化することが容易となる。本方式で磁気パターンを有するスリットを作成することで、前記センサを利用した安価で小型な位置検出機構を構築することが可能となる。

請求項8記載のベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法によれば、端部の形状を本方式にすることで、端部で問題となるスリット接着時の重なりによる変形、反射部の空きによる信号検出エラーを回避し、安定した位置検出を連続して等間隔で行うことが可能となる。

20

請求項9記載のベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法によれば、上記請求項8記載の発明の効果と同様にスリット形状を移動方向に対して傾け、さらに本方式に示すように端部の処理をすることで、端部で問題となるスリット接着時の重なりによる変形、反射部の空きによる信号検出エラーを回避し、安定した位置検出を連続して等間隔で行うことが可能となる。

請求項10記載のベルト状構造体表面への等間隔スリット形成方法によれば、レーザ光を、特に、紫外短パルスレーザ、極短パルスレーザ、極端紫外レーザのいずれかにすることにより、レーザアブレーション作用を高くすることができ、通常のレーザ光で起こる熱影響によるレーザ照射端部の形状悪化を抑制することが可能となる。また、これらのレーザを用いてレーザアブレーション加工を行うことで、熱加工に比べて高精度で狭ピッチのスリット加工が可能となる。

30

請求項11の画像形成装置によれば、上記各請求項記載の方法によって製造された高精度ピッチのスリットを備えたベルト部材を用いるので、画質を向上できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるベルト状構造体表面へのスリット形成方法の第一の実施形態を説明するための要部構成図である。

【図2】本発明によるベルト状構造体表面へのスリット形成方法の第二の実施形態を説明するための要部構成図である。

【図3】本発明によるベルト状構造体表面へのスリット形成方法の第三の実施形態を説明するための要部構成図である。

【図4】本発明によるベルト状構造体表面へのスリット形成方法の第四の実施形態を説明するための要部構成図である。

40

【図5】本発明によるベルト状構造体表面へのスリット形成方法の第五の実施形態を説明するための要部構成図である。

【図6】本発明によるベルト状構造体表面へのスリット形成方法の第六の実施形態を説明するための要部構成図である。

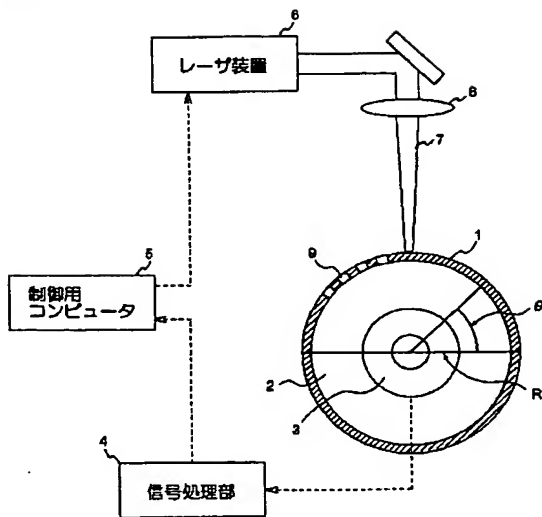
#### 【符号の説明】

1 ベルト、2 円筒ドラム、3 ロータリーエンコーダ、4 信号処理部、5 制御用コンピュータ、6 レーザ装置、7 レーザ光、8 レンズ、9 スリット、10 回転体、11 回転体、12 回転モータ、13 位置調整ローラ、14 ローラ、15 センサ、16 フォトマスク、17 接着層、18 高分子基板、19 光反射膜、20

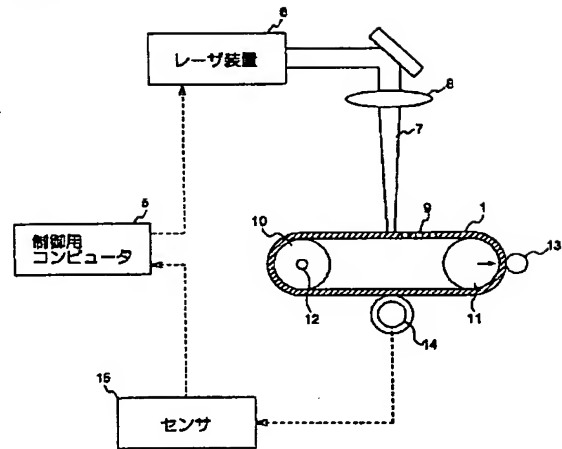
50

反射膜付材料、21 端部、22 スリット、23 端部、24 スリット

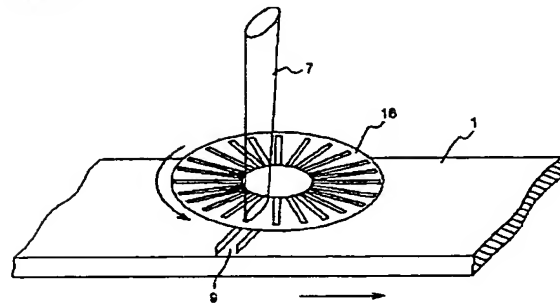
【図1】



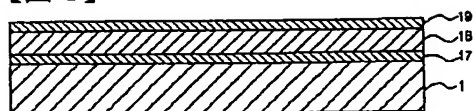
【図2】



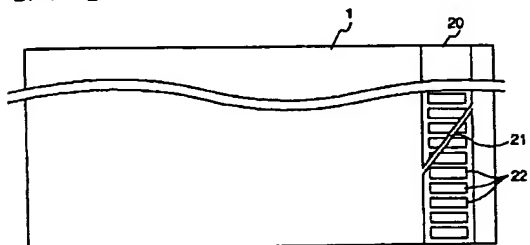
【図3】



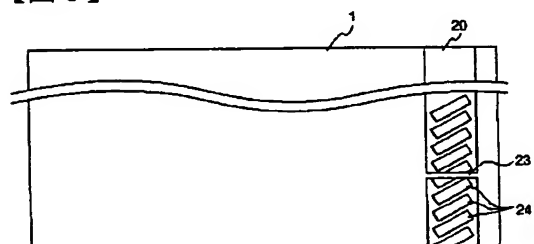
【図4】



【図5】



【図6】



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-202498

(43)Date of publication of application : 22.07.2004

(51)Int.Cl.

B23K 26/00  
B29C 65/16  
G01D 5/245  
// B23K101:36  
B23K103:16

(21)Application number : 2002-370916

(71)Applicant : RICOH CO LTD

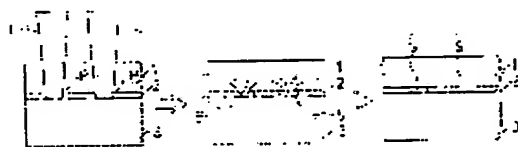
(22)Date of filing : 20.12.2002

(72)Inventor : YAMADA YASUSHI

**(54) LASER BEAM MACHINING METHOD, ENCODER SLIT FORMED THEREBY AND IMAGE DISPLAY BODY****(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a laser beam machining method capable of machining a material layer located in the middle of a material with a high degree of accuracy into a voluntary shape and provide an encoder slit formed thereby and an image display body.

**SOLUTION:** The laser beam machining method is characterized by the feature that, toward a forming body composed of a first material layer 1 which is transparent to at least a laser beam L, a second material layer 2 provided in contact with the first material layer 1, and a third material layer 3 provided in contact with the second material layer 2, the laser beam L is irradiated from the direction of the first material layer 1 and only the second material layer 2 is formed into a voluntary shape by a high-speed evaporation of the second material layer 2.

**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination]

23.02.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

**BEST AVAILABLE COPY**

Searching PAJ

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office



(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-202498

(P2004-202498A)

(43) 公開日 平成16年7月22日(2004.7.22)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	F 1	テーマコード (参考)
B 2 3 K 26/00	B 2 3 K 26/00 G	2 F 0 7 7
B 2 9 C 65/16	B 2 3 K 26/00 3 3 0	4 E 0 6 8
G 0 1 D 5/245	B 2 9 C 65/16	4 F 2 1 1
// B 2 3 K 101:36	G 0 1 D 5/245 V	
B 2 3 K 103:16	B 2 3 K 101:36	

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 12 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-370916 (P2002-370916)  
 (22) 出願日 平成14年12月20日 (2002.12.20)

(71) 出願人 000006747  
 株式会社リコー  
 東京都大田区中馬込1丁目3番6号  
 (72) 発明者 山田 泰史  
 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式  
 会社リコー内  
 Fターム(参考) 2F077 AA46 NN02 NN19 NN24 NN27  
 VV11 VV33  
 4E068 AF00 CA03 CF01 CF03 DA09  
 DB00  
 4F211 AD03 TA03 TH18 TN27 TN41

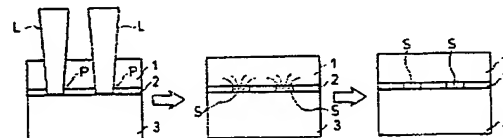
(54) 【発明の名称】 レーザ加工方式及びこの方式によって形成されるエンコーダスリット及び像表示体

## (57) 【要約】

【課題】材料の中間に配された材料層を高精度で任意の形状に加工できるレーザ加工方式及びこの方式によって形成されるエンコーダスリット及び像表示体の提供を目的としている。

【解決手段】本発明のレーザ加工方式は、少なくともレーザ光Lに対して透明である第一材料層1と、第一材料層1に接触して配置された第二材料層2と、第二材料層2に接触して配置された第三材料層3とから構成される構成体に対して、第一材料層1の方向からレーザ光Lを照射し、第二材料層2の高速な気化により第二材料層2のみを任意の形状に形成することを特徴とする。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項1】**

少なくともレーザ光に対して透明である第一材料層と、前記第一材料層に接触して配置された第二材料層と、前記第二材料層に接触して配置された第三材料層とから構成される構成体に対して、前記第一材料層の方向からレーザ光を照射し、前記第二材料層の高速な気化により前記第二材料層のみを任意の形状に形成することを特徴とするレーザ加工方式。

**【請求項2】**

前記第一材料層が透明材料であることを特徴とする請求項1に記載のレーザ加工方式。

**【請求項3】**

前記第一および第三材料層が共に透明材料であることを特徴とする請求項1に記載のレーザ加工方式。 10

**【請求項4】**

少なくとも前記第一材料層または前記第三材料層のいずれかが、接着材料層であることを特徴とする請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載のレーザ加工方式。

**【請求項5】**

前記第二材料層が反射膜であることを特徴とする請求項2ないし請求項4のいずれか1項に記載のレーザ加工方式。

**【請求項6】**

前記第二材料層が200nm以下の金属薄膜であることを特徴とする請求項5に記載のレーザ加工方式。 20

**【請求項7】**

前記第二材料層が光吸収層であることを特徴とする請求項2ないし請求項4のいずれか1項に記載のレーザ加工方式。

**【請求項8】**

前記第二材料層が光学的に散乱する膜であることを特徴とする請求項2ないし請求項4のいずれか1項に記載のレーザ加工方式。

**【請求項9】**

前記第二材料層は、色素材料膜、蛍光材料膜、発光材料膜、蓄光体膜のいずれかであることを特徴とする請求項2ないし請求項4のいずれか1項に記載のレーザ加工方式。 30

**【請求項10】**

前記第二材料層が磁性体膜であることを特徴とする請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載のレーザ加工方式。

**【請求項11】**

レーザ光のパルス幅が200ns以下であることを特徴とする請求項1ないし請求項10のいずれか1項に記載のレーザ加工方式。

**【請求項12】**

請求項1ないし請求項9のいずれか1項または請求項11に記載のレーザ加工方式によって作成される光学式エンコーダスリット。

**【請求項13】**

請求項10または請求項11に記載のレーザ加工方式によって作成される磁気式エンコーダスリット。 40

**【請求項14】**

請求項1ないし請求項9のいずれか1項または請求項11に記載のレーザ加工方式によって形成される像表示体。

**【発明の詳細な説明】****【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、高精度に任意の形状を形成するレーザ加工方式及びこの方式によって形成されるエンコーダスリット及び像表示体に関する。

**【0002】**

**【従来の技術】**

レーザ光を加工材料に対して照射して、任意の形状を形成するレーザ加工方式及びそれによって形成される光学素子は、従来から様々な形態のものが知られている。

**【0003】****【発明が解決しようとする課題】**

ところで、従来の加工方式では、材料の内部に直接任意の形状を形成する加工はできなかった。

**【0004】**

レーザ法では、透明体の内部改質等が行われているが、これは透明体そのものの一部を変質するため、光学素子としての特性が低い（屈折率、反射率、透過率等の変化が少ない）

10

**【0005】**

また、以下の問題も指摘されている。すなわち、

（1）金属等の材料では、表面で光吸収されてしまい、内部へのパターン形成は困難である

**【0006】**

（2）集光したスポットで加工する必要があり、一度に任意の形状を形成することが困難である。

**【0007】**

（3）加工位置を深さ方向に制御することが困難である。

20

**【0008】**

また、レーザ光によって配線の切断をする方式では、熱として金属が溶融するため、パターン形成の精度が悪く、また、レーザ照射でパターンを形成することが困難である等の問題があった。

**【0009】**

本発明は前記事情に着目してなされたものであり、その目的とするところは、材料の中間に配された材料層を高精度で任意の形状に加工できるレーザ加工方式及びこの方式によって形成されるエンコーダスリットおよび像表示体を提供することにある。

**【0010】****【課題を解決するための手段】**

前記課題を解決するために、請求項1に記載されたレーザ加工方式は、少なくともレーザ光に対して透明である第一材料層と、前記第一材料層に接触して配置された第二材料層と、前記第二材料層に接触して配置された第三材料層とから構成される構成体に対して、前記第一材料層の方向からレーザ光を照射し、前記第二材料層の高速な気化により前記第二材料層のみを任意の形状に形成することを特徴とする。

30

**【0011】**

この請求項1に記載されたレーザ加工方式によれば、第一材料層および第三材料層によってパターン保護を図ることができるとともに、第一材料層および第三材料層によって加工時の飛散物を抑制することができる。また、第一材料層および第三材料層による加工時のプラズマ抑制、第一材料層および第三材料層による熱拡散低減、第一材料層および第三材料層による第二材料層の変形低減を図ることもできる。

40

**【0012】**

また、請求項2に記載されたレーザ加工方式は、請求項1に記載されたレーザ加工方式において、前記第一材料層が透明材料であることを特徴とする。

**【0013】**

この請求項2に記載されたレーザ加工方式によれば、請求項1に記載されたレーザ加工方式と同様の作用効果が得られるとともに、可視全域にわたって第二材料層の形状を観察することができ、光学的に表面が透明で内部にパターン形成された素子を作成することが可能となる。

**【0014】**

50

また、請求項3に記載されたレーザ加工方式は、請求項1に記載されたレーザ加工方式において、前記第一および第三材料層が共に透明材料であることを特徴とする。

【0015】

この請求項3に記載されたレーザ加工方式によれば、請求項1に記載されたレーザ加工方式と同様の作用効果が得られるとともに、透過型の光学素子を作成することができる。

【0016】

また、請求項4に記載されたレーザ加工方式は、請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載されたレーザ加工方式において、少なくとも第一材料層または第三材料層のいずれかが接着材料層であることを特徴とする。

【0017】

この請求項4に記載されたレーザ加工方式によれば、請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載されたレーザ加工方式と同様の作用効果が得られるとともに、内部にパターンを有する材料をパターン形成後、他の材料に付加することが容易となる。また、先に接着した構造体に対してレーザ加工を行うことで、構造体に対して任意の位置にパターンを形成することが可能となる。

【0018】

また、請求項5に記載されたレーザ加工方式は、請求項2ないし請求項4のいずれか1項に記載されたレーザ加工方式において、前記第二材料層が反射膜であることを特徴とする。

【0019】

この請求項5に記載されたレーザ加工方式によれば、請求項2ないし請求項4のいずれか1項に記載されたレーザ加工方式と同様の作用効果が得られるとともに、第一材料層を透過した光がパターン形成された第二材料層により反射されるため、反射型の光学素子として利用することが可能となる。

【0020】

また、請求項6に記載されたレーザ加工方式は、請求項5に記載されたレーザ加工方式において、前記第二材料層が200nm以下の金属薄膜であることを特徴とする。

【0021】

この請求項6に記載されたレーザ加工方式によれば、請求項5に記載されたレーザ加工方式と同様の作用効果が得られるとともに、薄膜とすることで、低エネルギーでレーザ加工が可能となり、加工時の変形も低減することができる。また、吸収も高いため、レーザ光の浸透長が短く、レーザエネルギーを狭い領域に注入でき、効率的な除去が可能となる。

【0022】

また、請求項7に記載されたレーザ加工方式は、請求項2ないし請求項4のいずれか1項に記載されたレーザ加工方式において、前記第二材料層が光吸収層であることを特徴とする。

【0023】

この請求項7に記載されたレーザ加工方式によれば、請求項2ないし請求項4のいずれか1項に記載されたレーザ加工方式と同様の作用効果が得られるとともに、所望の波長での吸収・反射パターンを形成することができ、光学素子として利用することが可能となる。また、第一および第三材料層に透明材料を用いることで、透過型素子として機能させることが可能となる。

【0024】

また、請求項8に記載されたレーザ加工方式は、請求項2ないし請求項4のいずれか1項に記載されたレーザ加工方式において、第二材料層が光学的に散乱する膜であることを特徴とする。

【0025】

この請求項8に記載されたレーザ加工方式によれば、請求項2ないし請求項4のいずれか1項に記載されたレーザ加工方式と同様の作用効果が得られるとともに、レーザ照射部と未照射部で光学的な変化をおこし、光学素子として機能させることが可能となる。

10

20

30

40

50

## 【0026】

また、請求項9に記載されたレーザ加工方式は、請求項2ないし請求項4のいずれか1項に記載されたレーザ加工方式において、前記第二材料層は、色素材料膜、蛍光材料膜、発光材料膜、蓄光体膜のいずれかであることを特徴とする。

## 【0027】

この請求項9に記載されたレーザ加工方式によれば、請求項2ないし請求項4のいずれか1項に記載されたレーザ加工方式と同様の作用効果が得られるとともに、レーザ照射部と未照射部で色が変化する、蛍光あるいは発光が変化する等を起こすことができる。したがって、透明体内部に微細な発光パターンを形成する、任意の画像を形成する、任意の文字を形成する等の表示機能を形成することが可能となる。

10

## 【0028】

また、請求項10に記載されたレーザ加工方式は、請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載されたレーザ加工方式において、前記第二材料層が磁性体膜であることを特徴とする。

## 【0029】

この請求項10に記載されたレーザ加工方式によれば、請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載されたレーザ加工方式と同様の作用効果が得られるとともに、微細な磁性パターンを内部に形成することが可能となる。

## 【0030】

また、請求項11に記載されたレーザ加工方式は、請求項1ないし請求項10のいずれか1項に記載されたレーザ加工方式において、レーザ光のパルス幅が200ns以下であることを特徴とする。

20

## 【0031】

この請求項11に記載されたレーザ加工方式によれば、請求項1ないし請求項10のいずれか1項に記載されたレーザ加工方式と同様の作用効果が得られるとともに、パルス幅が短いことから、除去時の熱損傷が低減でき、そのため、加工部のエッジ形状がきれいな高精度な加工が可能となる。さらに、熱伝導による形状広がりや低減できるため、微細化が可能となる。さらに、フェムト秒領域のレーザでは、熱伝導が高い金属材料であっても、その変質領域がサブミクロンオーダーとすることができ、加工部周辺部での歪み等をさらに抑制することが可能となる。

30

## 【0032】

また、請求項12に記載された発明は、請求項1ないし請求項9のいずれか1項または請求項11に記載のレーザ加工方式によって作成される光学式エンコーダスリットであり、請求項13に記載された発明は、請求項10または請求項11に記載のレーザ加工方式によって作成される磁気式エンコーダスリットであり、請求項14に記載された発明は、請求項1ないし請求項9のいずれか1項または請求項11に記載のレーザ加工方式によって形成される像表示体である。これらの請求項に記載された要素は、請求項1ないし請求項11に記載された加工方式を使用するため、パターン形成時の歪み等を抑制でき、高精度で周辺変質の少ない像を形成した構造体となり得る。

40

## 【0033】

## 【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しつつ本発明の一実施形態について説明する。

## 【0034】

本発明のレーザ加工方式の概略が図1に示されている。第一材料層1を透過したレーザ光Lは、第二材料層2で選択的にエネルギーを吸収され、第二材料層2のレーザ照射部Pが急速に気化する。この気化領域は、レーザ光の照射領域と一致し、レーザ照射形状を調整することにより任意な形状とすることができる。この気化領域は、微粒子化し、急速に第一材料層1および第三材料層3へ拡散する。第二材料層2の微粒子化、あるいは、急激な拡散による空孔Sの形成の作用により、第二材料層2のパターン形成を行う。

## 【0035】

50

図2には、実際にPETフィルム(約 $20\mu\text{m}$ )とアクリル系接着材層との中間に配置されたAl(50nm)薄膜の加工結果が示されている。図の暗い部分がレーザ照射部Pであり、照射部Pの幅は約 $5\mu\text{m}$ 程度である。このようにレーザ光Lを照射した部分が高精度に選択的に加工されることが分かる。

#### 【0036】

図3には、加工後の断面形状計測結果が示されている。ここに示すように、レーザ照射部Pには空孔Sが形成され、Al薄膜のパターンが形成されていることが分かる。レーザ照射条件によっては、この空孔Sはほとんど見られないが、その場合は、Alが気化の際に微粒子するため、照射部Pのパターンが形成したものと考えられる。このように、照射レーザ光Lが透明体を透過し、第二材料層2で吸収されることにより、第二材料層2が高精度にパタ

10

#### 【0037】

以上に基づき、以下、本発明の具体的な実施例について説明する。

#### 【0038】

まず、透明体内部の高精度加工を行うべく、第1の実施例では、レーザ光に対して透明な第一材料層1と、加工する第二材料層2と、基板の第三材料層3とを積層し、中間の第二材料層2の加工を行う。このようにすれば、第一および第三材料層1, 3により加工されたパターンが露出することがないため、パターンの接触による損傷や、大気、その他のガスによる変質を防ぐことができる。

#### 【0039】

これに対し、第一あるいは第三材料層1, 3のない場合のレーザ加工方式では、レーザ加工時に加工物が飛散し、汚れや形状悪化がおきる。しかし、本実施例の方式では、これら飛散物が内部にトラップされるため、これら悪影響を回避することが可能となる。

20

#### 【0040】

また、レーザ加工法では、加工時のプラズマ発生による周囲の変質あるいはプラズマによる照射レーザ光の吸収によるエネルギーロスが生じるが、本実施例の方式では、これらを回避することが可能となる。

#### 【0041】

また、第一および第三材料層1, 3に接触しているため、第二材料層2での熱拡散を抑制することが可能となり、これにより、レーザ照射部Pから外部へのパターンの拡大、変形を抑制することが可能となる。

30

#### 【0042】

また、材料とレーザ照射条件によっては、熱拡散時に材料がカールするような変形を示すことがあるが、第一および第三材料1, 3を接触させることにより、これら変形を抑制することが可能となる。

#### 【0043】

以上のように、本実施例によれば、第一材料層1および第三材料層3によってパターン保護を図ることができるとともに、第一材料層および第三材料層1, 3によって加工時の飛散物を抑制することができる。また、第一材料層および第三材料層1, 3による加工時のプラズマ抑制、第一材料層および第三材料層1, 3による熱拡散低減、第一材料層および第三材料層1, 3による第二材料層2の変形低減を図ることもできる。

40

#### 【0044】

また、所望の波長に対して透明な光学デバイスの加工を行なうべく、第2の実施例では、レーザ加工波長とそれ以外の所望の波長に対して透明な材料を第一材料層1として用い、第一材料層1の下に第二材料層2の形状加工を行う。例えば可視領域に対して透明なPET, PC等の透明材料の下に第二材料層2を配して、第二材料層2のパターン加工を行う。これにより、可視全域にわたって第二材料層2の形状を観察することができる。これは、例えばセンサー用のパターンを第二材料層2に配置することで、そのパターンを可視域の光源でセンシングすることが可能となる。これにより、光学的に表面が透明で内部にパターン形成された素子を作成することが可能となる。

50

## 【0045】

また、透過型の光学デバイスの加工および透過パターン形成を行うべく、第3の実施例では、第一および第三材料層1, 3ともに所望の波長に対して透過率の高い材料を用い、第二材料層2のパターン加工を行う。この時、レーザ照射部Pは所望の波長に対して透過させることができ、これにより、透過型の光学素子を作成することができる。例えば、透明材料中にパターンを形成することで、透過型の光マスクやスリットを作成することができる。

## 【0046】

また、接着層を有する材料の中間層加工、材料へ接着後の加工、他の材料への光学特性の付加を可能にすべく、第4の実施例では、第一あるいは第三材料層1, 3あるいはこれら材料層に接触して配置された第四材料層に接着材料を用いる。これは、例えば、第二材料層2に感圧式の接着材を付加したり、アクリル系接着剤を塗布することによって実現することができる。これにより、内部にパターンを有する材料をパターン形成後、他の材料に付加することが容易となる。また、先に接着した構造体に対してレーザ加工を行うことで、構造体に対して任意の位置にパターンを形成することが可能となる。例えば、本方式により作成された透明なエンコーダスリットを付加することで、安価で簡便に移動体にエンコーダを作成することができる。

## 【0047】

また、反射型素子を形成するべく、第5の実施例では、第二材料層2を反射材料とする。これにより、第一材料層1を透過した光がパターン形成された第二材料層2により反射され、反射型の光学素子として利用することが可能となる。反射材料としては、金属やセラミックス膜、反射粒子分散ポリマー等が利用できる。

## 【0048】

また、安価で且つ容易に安定した膜が得られ、可視域で高い反射率を実現できるように、第6の実施例では、第5の実施例における反射膜に200nm以下の金属膜を用いる。これはスパッタ、蒸着法等で容易に作成することができる。金属膜は通常近赤外域から紫外域まで反射率が高く、非常に薄い膜で反射を高くすることができる。薄膜とすることで、低エネルギーでレーザ加工が可能となり、加工時の変形も低減することができる。また、吸収も高いため、レーザ光の浸透長が短く、レーザエネルギーを狭い領域に注入でき、効率的な除去が可能となる。

## 【0049】

また、吸収型または透過型の光学素子を形成するべく、第7の実施例では、第二材料層2に所望の波長で吸収の高い材料を用いる。これにより、所望の波長での吸収・反射パターンを形成することができ、光学素子として利用することが可能となる。また、第一および第三材料層1, 3に透明材料を用いることで、透過型素子として機能させることが可能となる。

## 【0050】

また、第8の実施例では、第二材料層2を散乱材料層（光学的に散乱する膜）とする。これは、表面粗度の粗い材料や微粒子などを用いることで実現できる。これにより、レーザ照射部と未照射部で光学的な変化をおこし、光学素子として機能させることが可能となる。

## 【0051】

また、光制御パターン形成、任意の表示パターン形成、画像および文字パターン作成を行うべく、第9の実施例では、第二材料層2に色素材料膜、蛍光材料膜、発光材料膜、蓄光体膜を用いる。これにより、レーザ照射部と未照射部で色が変化する、蛍光あるいは発光が変化する等を起こすことができる。したがって、透明体内部に微細な発光パターンを形成する、任意の画像を形成する、任意の文字を形成する等の表示機能を形成することが可能となる。

## 【0052】

また、磁性体パターン形成および磁気ヘッド加工を行うべく、第10の実施例では、第二材料層2に磁性体材料を用いる。これは、鉄系薄膜等で実現できる。これにより、微細な磁

10

20

30

40

50

性パターンを内部に形成することが可能となる。

#### 【0053】

また、保護層を安定に形成し、保護層を部分的に形成し、あるいは、スリットを一括して形成し、または、高速で形成するべく、第11の実施例では、加工用レーザ光として、パルス幅が200ns以下の短パルスレーザを用い、レーザアブレーション作用により反射材料層を除去・移動させる。パルス幅が200ns以下のレーザとしては、エキシマレーザやQ-Switch Nd:YAGレーザやその高調波レーザ、パルス幅が～数百フェムト秒であるTi:sapphireレーザ等を利用することができる。

#### 【0054】

これらレーザを反射膜表面に照射した場合、その膜の吸収により材料層が高速に除去されることが知られている。パルス幅が短いことから、除去時の熱損傷が低減でき、そのため、加工部のエッジ形状がきれいな高精度な加工が可能となる。さらに、熱伝導による形状広がりを低減できるため、微細化が可能となる。さらに、フェムト秒領域のレーザでは、熱伝導が高い金属材料であっても、その変質領域がサブミクロンオーダーとすることができ、加工部周辺部での歪み等をさらに抑制することが可能となる。

#### 【0055】

図4に加工光学系の模式図を示す。例えばNd:YAGレーザの第三高調波を用いたレーザ装置10から出力されたレーザ光Lは、ミラー12と、拡大光学素子14と、整形光学素子16と、シリンドリカルレンズ18と、集光光学素子（集光レンズ）20とを介して、ライン状に整形され、被加工物である回転体22の反射層表面に照射される。レーザ光Lの照射タイミングおよび加工物の位置を制御しながら、表面の位置を連続的に移動させることで、回転体22の表面に連続したスリットパターンを形成することができる。

#### 【0056】

図5は、実際に得られた透明膜内部のAl反射膜の加工結果である。Al反射膜にナノ秒レーザを強度調整して照射することで、Al膜がエネルギーを吸収し、結合が解離される。このエネルギーにより、Alが高分子内部に拡散する、あるいは、光学的に検出できない数百nm以下の微粒子となる等の原因により、照射部での反射特性がなくなり、光学的なパターンが形成されると予想される。

#### 【0057】

図6は、形成されたスリットの光反射率特性を示す。このように材料内部においても光検出が可能な反射率変化を計測することができる。反射膜を直接加工した場合にも、反射膜の大気中への拡散、アブレーション作用により照射部での反射強度が低下し、内部加工と同等以上の反射光学特性を得ることが可能である。

#### 【0058】

レーザ照射部での材料変化に関しては、レーザ照射により光吸収層が選択的にエネルギーを吸収し、一般的にピコ秒から数十ピコ秒オーダーで熱的に緩和され材料が高温化される。その際、特にパルスレーザ光を用いることで、伝導による高温化と異なり、急激な温度変化と高温化が可能となる。これは、例えばピコ秒オーダーで数万ケルビンといった熱源からの伝導では不可能な温度にすることができることを示す。また、レーザ光であるため、集光するあるいは光照射パターンを形成するなどして任意の位置にエネルギーを集中することが可能となる。

#### 【0059】

この時、特にパルスレーザ光などで瞬時的（たとえば数十ナノ秒程度）に材料を高温化すると、吸収層内部への熱伝導が進まないうちに材料の気化が起きる。これにより、徐々に高温、蒸発させた場合と比較して、照射領域からのずれが低減され、熱の変質を抑制でき、レーザ照射形状に近い形状に材料をパターン化することが可能となる。このようなレーザによる気化は、非定常状態での反応であり、非常に高温かつ急速な反応である。一般的にレーザ加工ではパルス幅により反応状態が変化し、気化および材料に及ぼす影響が変化する。この第11の実施例においては、特に短パルスレーザによる効果が得られる。

#### 【0060】



なお、前述した加工法により、透明体内部に光学式エンコーダスリットや磁気式エンコーダスリットを形成することができる。

【0061】

また、第12の実施例では、前述した加工方式を用いて、透明体内部に光学パターン、反射パターン、カラーイメージ、画像、文字が形成される（例えば、反射型シートや色のついたフィルム、文字、画像の形成された透明シート、シート状ホログラム素子等の光学素子等）。通常の方式では、パターン形成後、透明層を付加したり、ラミネートしたりする必要がある、その場合、そのプロセスでの変形がおきる可能性がある。これに対し、本方式では、パターン形成時の歪み等を抑制できるため、高精度で周辺変質の少ない像を形成した構造体とすることが可能となる。

10

【0062】

【発明の効果】

請求項1に記載されたレーザ加工方式によれば、第一材料層および第三材料層によってパターン保護を図ることができるとともに、第一材料層および第三材料層によって加工時の飛散物を抑制することができる。また、第一材料層および第三材料層による加工時のプラズマ抑制、第一材料層および第三材料層による熱拡散低減、第一材料層および第三材料層による第二材料層の変形低減を図ることもできる。

【0063】

請求項2に記載されたレーザ加工方式によれば、請求項1に記載されたレーザ加工方式と同様の作用効果が得られるとともに、可視全域にわたって第二材料層の形状を観察することができ、光学的に表面が透明で内部にパターン形成された素子を作成することが可能となる。

20

【0064】

請求項3に記載されたレーザ加工方式によれば、請求項1に記載されたレーザ加工方式と同様の作用効果が得られるとともに、透過型の光学素子を作成することができる。

【0065】

請求項4に記載されたレーザ加工方式によれば、請求項1ないし請求項3のいずれか1項に記載されたレーザ加工方式と同様の作用効果が得られるとともに、内部にパターンを有する材料をパターン形成後、他の材料に付加することが容易となる。また、先に接着した構造体に対してレーザ加工を行うことで、構造体に対して任意の位置にパターンを形成することが可能となる。

30

【0066】

請求項5に記載されたレーザ加工方式によれば、請求項2ないし請求項4のいずれか1項に記載されたレーザ加工方式と同様の作用効果が得られるとともに、第一材料層を透過した光がパターン形成された第二材料層により反射されるため、反射型の光学素子として利用することが可能となる。

【0067】

請求項6に記載されたレーザ加工方式によれば、請求項5に記載されたレーザ加工方式と同様の作用効果が得られるとともに、薄膜とすることで、低エネルギーでレーザ加工が可能となり、加工時の変形も低減することができる。また、吸収も高いため、レーザ光の浸透長が短く、レーザエネルギーを狭い領域に注入でき、効率的な除去が可能となる。

40

【0068】

請求項7に記載されたレーザ加工方式によれば、請求項2ないし請求項4のいずれか1項に記載されたレーザ加工方式と同様の作用効果が得られるとともに、所望の波長での吸収・反射パターンを形成することができ、光学素子として利用することが可能となる。また、第一および第三材料層に透明材料を用いることで、透過型素子として機能させることが可能となる。

【0069】

請求項8に記載されたレーザ加工方式によれば、請求項2ないし請求項4のいずれか1項に記載されたレーザ加工方式と同様の作用効果が得られるとともに、レーザ照射部と未照

50

射部で光学的な変化をおこし、光学素子として機能させることが可能となる。

【0070】

請求項9に記載されたレーザ加工方式によれば、請求項2ないし請求項4のいずれか1項に記載されたレーザ加工方式と同様の作用効果が得られるとともに、レーザ照射部と未照射部で色が変化する、蛍光あるいは発光が変化する等を起こすことができる。したがって、透明体内部に微細な発光パターンを形成する、任意の画像を形成する、任意の文字を形成する等の表示機能を形成することが可能となる。

【0071】

請求項10に記載されたレーザ加工方式によれば、請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載されたレーザ加工方式と同様の作用効果が得られるとともに、微細な磁性パターンを内部に形成することが可能となる。

10

【0072】

請求項11に記載されたレーザ加工方式によれば、請求項1ないし請求項10のいずれか1項に記載されたレーザ加工方式と同様の作用効果が得られるとともに、パルス幅が短いことから、除去時の熱損傷が低減でき、そのため、加工部のエッジ形状がきれいな高精度な加工が可能となる。さらに、熱伝導による形状広がりや低減できるため、微細化が可能となる。さらに、フェムト秒領域のレーザでは、熱伝導が高い金属材料であっても、その変質領域がサブミクロンオーダーとすることができ、加工部周辺部での歪み等をさらに抑制することが可能となる。

【0073】

請求項12ないし請求項14に記載された発明によれば、請求項1ないし請求項11に記載された加工方式を使用するため、パターン形成時の歪み等を抑制でき、高精度で周辺変質の少ない像を形成した構造体を提供することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態に係るレーザ加工方式におけるレーザ内部加工模式図である。

【図2】レーザ内部加工結果を示す図である。

【図3】レーザ内部加工断面計測結果を示す図である。

【図4】加工装置の模式図である。

【図5】加工スリットの顕微鏡像の模式図である。

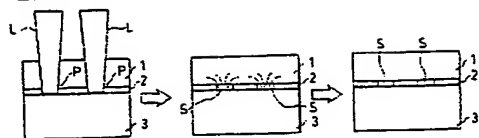
【図6】反射率の計測結果を示すグラフ図である。

30

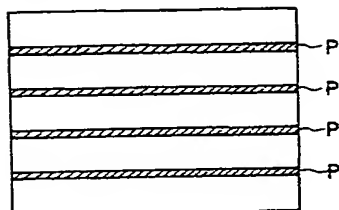
【符号の説明】

- 1 第一材料層
- 2 第二材料層
- 3 第三材料層
- L レーザ光

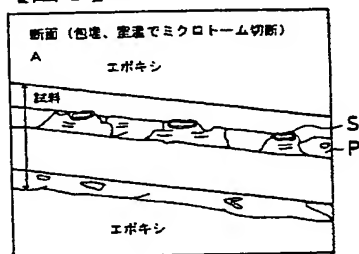
【図1】



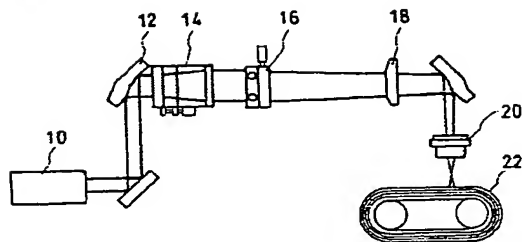
【図2】



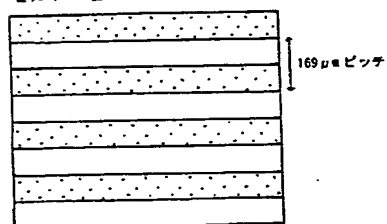
【図3】



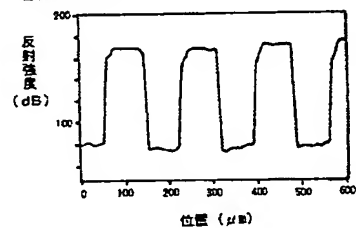
【図4】



【図5】



【図6】



---

フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>7</sup>

F I

B 2 3 K 103:16

テーマコード (参考)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-209003

(43)Date of publication of application : 03.08.2001

(51)Int.Cl.

G02B 27/09  
B23K 26/06

(21)Application number : 2000-017123

(71)Applicant : MITSUBISHI HEAVY IND LTD

(22)Date of filing : 26.01.2000

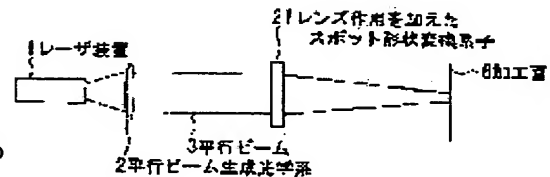
(72)Inventor : SATOU SHINJI  
TAKAHASHI TOYOKAZU

## (54) LASER BEAM MACHINING DEVICE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a laser beam machining device capable of eliminating the deterioration of machining accuracy and movement of a machining position due to the misalignment of the lens.

SOLUTION: A laser beam emitted from a laser device 1 is turned into a collimated beam 3 by a collimated beam generating optical system 2, and reaches a transducer 21 of a spot shape to which lens action is applied. The transducer 21 changes the direction of the light beam, performs re-allocation of light intensity, and makes a prescribed output intensity distribution on the surface to be machined 6. When the phase distribution of the transducer of a usual spot shape is set to A and the phase distribution of lens action is set to B, the phase distribution C of the transducer 21 of a spot shape to which lens action is applied is realized by 'A+B'. Zero-order light due to a phase error is generated also in the transducer 21 of a spot shape. However, although the zero-order light due to the phase error becomes a noise component on the surface to be machined, it does not become a peak, since a lens is not used, then machining accuracy is not lowered.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

BEST AVAILABLE COPY

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**BEST AVAILABLE COPY**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-209003  
(P2001-209003A)

(43) 公開日 平成13年8月3日 (2001.8.3)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	ターミナル* (参考)
G 0 2 B 27/09		B 2 3 K 26/06	E 4 E 0 6 8
B 2 3 K 26/06		G 0 2 B 27/00	E

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願2000-17123(P2000-17123)

(22) 出願日 平成12年1月26日 (2000.1.26)

(71) 出願人 000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72) 発明者 佐藤 進司

神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目8番地1

三菱重工業株式会社基盤技術研究所内

(72) 発明者 高橋 豊和

神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目8番地1

三菱重工業株式会社基盤技術研究所内

(74) 代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外4名)

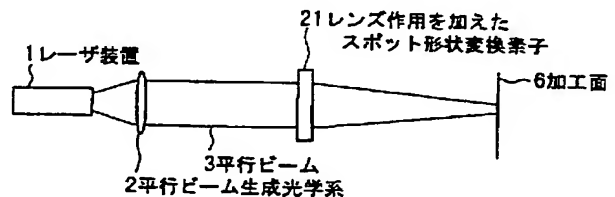
Fターム(参考) 4E068 CA01 CD05 CD08

(54) 【発明の名称】 レーザ加工装置

(57) 【要約】

【課題】加工精度の悪化や、レンズの位置ずれによる加工位置の移動をなくすることができるレーザ加工装置を提供する。

【解決手段】レーザ装置1から放射されるレーザ光は、平行ビーム生成光学系2により平行ビーム3となり、レンズ作用を加えたスポット形状変換素子21に達する。このスポット形状変換素子21は、光の方向を変化させ、光強度の再配分を行ない、加工面6で所定の出力強度分布となるようにする。通常のスポット形状変換素子の位相分布をA、レンズ作用の位相分布をBとすると、レンズ作用を加えたスポット形状変換素子21の位相分布Cは、「A+B」で実現される。上記スポット形状変換素子21でも、位相誤差による0次光が発生する。しかし、レンズを用いていないので、位相誤差による0次光は、加工面上でノイズ成分となるが、ピークとはならないので、加工精度を低下させることはない。





## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザ光を出力するレーザ装置と、このレーザ装置から出力されるレーザ光を平行ビームとする平行ビーム生成光学系と、前記平行ビーム生成光学系により生成された平行ビームを加工面上に所定の強度で分布させるスポット形状変換作用及びレンズ作用を備えたスポット形状変換素子とを具備したことを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項2】 レーザ光を出力するレーザ装置と、このレーザ装置から出力されるレーザ光を平行ビームとする平行ビーム生成光学系と、前記平行ビーム生成光学系により生成された平行ビームの径を予め設定された径に変換するビーム径変換光学系と、前記ビーム径変換光学系により変換された平行ビームを加工面上に所定の強度で分布させるスポット形状変換作用及びレンズ作用を備えたスポット形状変換素子とを具備したことを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項3】 レーザ光を出力するレーザ装置と、このレーザ装置から出力されるレーザ光を平行ビームとする平行ビーム生成光学系と、スポット形状分布の位相分布を出力する位相選択装置と、前記位相選択装置から出力される位相分布にレンズ作用の位相分布を付加するレンズ作用付加装置と、前記レンズ作用付加装置によりレンズ作用の位相分布が付加されたスポット形状分布の位相分布に従って動作し、前記平行ビーム生成光学系により生成された平行ビームを加工面上に所定の強度で分布させる位相型空間変調素子とを具備したことを特徴とするレーザ加工装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、スポット形状変換素子、位相型空間変調素子を用いてレーザ光の出力強度分布を制御するレーザ加工装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、例えばレーザ切断装置、半導体用フォトマスクのレーザ描画装置、レーザ書込みによる電子写真方式を用いた印刷機、レーザ利用印刷用製版装置、光造形装置等のレーザ加工装置は、図9に示すよう構成されている。図9において、1はレーザ装置で、このレーザ装置1から放射されるレーザ光は、平行ビーム生成光学系2により平行なビーム3にされ、図10に示すような比較的なだらかな強度分布3aとなってスポット形状変換素子4に達する。このスポット形状変換素子4とレンズ5は、光の方向を変化させて光強度の再配分を行ない、加工面6で、図11に示すような強度が均一でエッジが急峻に切り立った出力強度分布11となるようにしている。上記スポット形状変換素子4は、スポット形状変換の位相分布を持った回折光学素子によって実現される。

## 【0003】

10

【発明が解決しようとする課題】 上記従来のレーザ加工装置は、スポット形状変換素子4に製作等で生じる位相誤差がなければ、加工面6において図11に示すような均一でエッジが急峻に切り立った理想的な出力強度分布11とすることができる。しかしながら、スポット形状変換素子4は、製作誤差等により、設計した位相からの位相誤差を持っている。この位相誤差を持つスポット形状変換素子4では、図12に示すように、素子を透過して直進する位相誤差による0次光12が発生する。この位相誤差による0次光12は、レンズ5で集光され、加工面6上の出力強度分布13の中にピーク14を発生させる。このためビーム平坦度が低下し、加工精度を低下させるという問題があった。

20

【0004】 また、レンズ5を用いているため、レンズ5の位置ずれがあると加工位置が移動するという問題があった。上記のようにスポット形状変換のために、スポット形状変換素子4とレンズ5を用いたレーザ加工装置では、スポット形状変換素子4の位相誤差により発生する0次光12の影響により、加工精度の悪化や、レンズ5の位置ずれにより加工位置が移動するという問題があった。

【0005】 本発明は上記の課題を解決するためになされたもので、レンズを用いることなく所定の出力強度分布とすることができ、加工精度を向上し得るレーザ加工装置を提供することを目的とする。また、本発明は、加工面上の出力強度分布を加工対象に合わせて設定できるレーザ加工装置を提供することを目的とする。

## 【0006】

30

【課題を解決するための手段】 第1の発明に係るレーザ加工装置は、レーザ光を出力するレーザ装置と、このレーザ装置から出力されるレーザ光を平行ビームとする平行ビーム生成光学系と、前記平行ビーム生成光学系により生成された平行ビームを加工面上に所定の強度で分布させるスポット形状変換作用及びレンズ作用を備えたスポット形状変換素子とを具備したことを特徴とする。

40

【0007】 第2の発明に係るレーザ加工装置は、レーザ光を出力するレーザ装置と、このレーザ装置から出力されるレーザ光を平行ビームとする平行ビーム生成光学系と、前記平行ビーム生成光学系により生成された平行ビームの径を予め設定された径に変換するビーム径変換光学系と、前記ビーム径変換光学系により変換された平行ビームを加工面上に所定の強度で分布させるスポット形状変換作用及びレンズ作用を備えたスポット形状変換素子とを具備したことを特徴とする。

50

【0008】 第3の発明に係るレーザ加工装置は、レーザ光を出力するレーザ装置と、このレーザ装置から出力されるレーザ光を平行ビームとする平行ビーム生成光学系と、スポット形状分布の位相分布を出力する位相選択装置と、前記位相選択装置から出力される位相分布にレンズ作用の位相分布を付加するレンズ作用付加装置と、

前記レンズ作用付加装置によりレンズ作用の位相分布が付加されたスポット形状分布の位相分布に従って動作し、前記平行ビーム生成光学系により生成された平行ビームを加工面上に所定の強度で分布させる位相型空間変調素子とを具備したことを特徴とする。

【0009】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施形態を説明する。

（第1実施形態）図1は、本発明の第1実施形態に係るレーザ加工装置の構成図である。図1に示すようにレーザ装置1から放射されるレーザ光は、平行ビーム生成光学系2により平行にされ、図10の強度分布3aに示すような比較的なだらかなビーム3となり、レンズ作用を加えたスポット形状変換素子21に達する。このスポット形状変換素子21は、スポット形状変換の位相分布を持った回折光学素子によって実現されるが、更に、レンズ作用の位相分布を与えることで、回折光学素子にレンズの作用を持たせたものである。通常のスポット形状変換素子の位相分布をA、レンズ作用の位相分布をBとすると、レンズ作用を加えたスポット形状変換素子21の位相分布Cは、「A+B」で実現することができる。上記のようにレンズ作用を加えたスポット形状変換素子21は、スポット形状変換の位相分布Aと、レンズの位相分布を持つため、スポット形状変換とレンズの効果を併せ持った素子を実現することができる。

【0010】そして、上記スポット形状変換素子21は、光の方向を変化させ、光強度の再配分を行ない、加工面6で所定の出力強度分布となるようにする。

【0011】上記レンズ作用を付加したスポット形状変換素子21に位相誤差がなければ、加工面6で、図11に示すような強度が均一でエッジが急峻に切り立った出力強度分布とすることができる。

【0012】レンズ作用を加えたスポット形状変換素子21でも、製作誤差等による設計した位相からの位相誤差を有している。レンズ作用を加えたスポット形状変換素子21では、図2に示すように位相誤差による0次光12が発生する。しかし、本発明では、レンズを用いていないので、この位相誤差による0次光12は、加工面6上の出力強度分布15でノイズ成分16として現れるが、ピークとはならず、ビーム平坦度は殆ど変わらないので、加工精度を低下させることはない。また、レンズを使用しないので、レンズの位置ずれによる加工位置の移動をなくすことができる。

【0013】上記のようにレンズ作用を加えたスポット形状変換素子21を用いることで、加工精度の悪化や、レンズの位置ずれによる加工位置の移動をなくすことができる。

【0014】（第2実施形態）次に本発明の第2実施形態に係るレーザ加工装置について図3を参照して説明する。この第2実施形態に係るレーザ加工装置は、図1に

示した第1実施形態に係るレーザ加工装置において、平行ビーム生成光学系2とスポット形状変換素子21との間にビーム径変換光学系22を設けたものである。このビーム径変換光学系22は、平行ビーム生成光学系2で生成された平行ビーム3の径を変換し、入射ビーム径17としてスポット形状変換素子21に入射する。このスポット形状変換素子21は、入射されたビーム光の方向を変化させ、加工面6で例えば図6に示すような出力強度分布18とする。

【0015】上記ビーム径変換光学系22は、図4に示すように、焦点距離F1の固定レンズ31と焦点距離F2が可変なズームレンズ32により構成される。上記ビーム径変換光学系22に入射した平行ビーム3は、ビーム径をWとすると、固定レンズ31とズームレンズ32との焦点距離の比（F2/F1）に比例してビーム径が変化し、出力されるビーム径は「 $W \cdot F2 / F1$ 」となる。この場合、レンズ間の距離は、「 $F1 + F2$ 」である。

【0016】上記ビーム径変換光学系22において、図5に示すようにズームレンズ32の焦点距離F2をF3へ変化させ、レンズ間の距離を「 $F1 + F3$ 」とすると、出力されるビーム径は「 $W \cdot F3 / F1$ 」となる。これよりレンズ作用を加えたスポット形状変換素子21に入射するビーム径17、 $F3 / F2$ 倍に変化させることができる。上記スポット形状変換素子21に入射するビーム径を大きくすると、図6に示すようにエッジを強調した出力強度分布18となる。

【0017】上記のようにビーム径変換光学系22により、スポット形状変換素子21に入射するビーム径17を変えることにより、出力強度分布の形状を制御して加工対象に合わせたビーム形状とすることができ、加工精度を向上させることができる。

【0018】（第3実施形態）次に本発明の第3実施形態に係るレーザ加工装置について図7を参照して説明する。

【0019】この第3実施形態に係るレーザ加工装置は、図7に示すように、図1に示した第1実施形態に係るレーザ加工装置において、スポット形状変換素子21の代わりに位相型空間変調素子41を使用したものである。

【0020】上記位相型空間変調素子41は、液晶パネルにより実現され、位相選択装置42、レンズ作用付加装置43により、画素毎に電圧を印加するように構成している。上記のように位相選択装置42及びレンズ作用付加装置43により、位相型空間変調素子41の画素毎に電圧を印加して屈折率を変化させることで、見かけ上の素子の厚みを変化させて位相を制御することができる。

【0021】すなわち、位相選択装置42からスポット形状分布の位相分布Aを出力し、レンズ作用付加装置4

3により、レンズ作用の位相分布Bを加えたスポット形状分布の位相分布Cを位相型空間変調素子41で実現することで、光の方向を変化させ、加工面6における出力強度分布を変化させることができる。

【0022】上記のように位相選択装置42により平坦でエッジの切り立った分布となる位相分布Aを出力し、レンズ作用付加装置43によりレンズ作用の位相分布Bを加え、スポット形状分布の位相分布Cを位相型空間変調素子41で実現することで、加工面6での出力強度分布を図11に示したような理想的な出力強度分布11と

【0023】また、位相選択装置42によりエッジの強調された位相分布Dを出力し、レンズ作用付加装置43によりレンズ作用の位相分布Bを加え、スポット形状の位相分布Eを位相型空間変調素子41で実現することにより、図8に示すようなエッジ部分を強調した出力強度分布19とすることができる。

【0024】更に、位相選択装置42により、位相型空間変調素子41で実現される位相分布を変化させることで、出力強度分布を矩形以外の形状に変化させたり、出力ビームの生成位置を変化させたり、出力ビームの生成距離を変化させることができる。これにより加工精度の向上を図ることが可能となる。

【0025】

【発明の効果】以上詳記したように本発明によれば、レンズ作用を加えたスポット形状変換素子を使用し、平行ビーム生成光学系により生成された平行ビームを加工面上に所定の強度で分布させるようにしたので、位相誤差による影響を低減でき、高い加工精度を保つことができる。また、スポット形状変換素子にレンズの作用を持たせているので、スポット形状変換素子と加工面との間にレンズを使用する必要がなく、このためレンズの位置ずれによる加工位置の移動をなくすることができる。

【0026】また、本発明は、スポット形状変換素子の前にビーム径変換光学系を設け、スポット形状変換素子に入射するビーム径を可変できるようにしたので、出力強度分布の形状を制御して加工対象に合わせたビーム形状とすることができ、加工精度を向上させることができる。

【0027】更に本発明は、スポット形状変換素子に代えて位相型空間変調素子を設け、位相選択装置によりスポット形状分布の位相分布を出力すると共に、レンズ作用付加装置によりレンズ作用の位相分布を付加して上記位相型空間変調素子に入力するようにしたので、位相選

択装置でスポット形状分布の位相分布を選択することにより、加工面上の出力強度分布を加工対象に合わせて設定でき、加工精度を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態に係るレーザ加工装置の構成図。

【図2】同実施形態における出力強度分布を示す図。

【図3】本発明の第2実施形態に係るレーザ加工装置の構成図。

【図4】同実施形態におけるビーム径変換光学系の説明図。

【図5】同実施形態におけるビーム径変換光学系の説明図。

【図6】同実施形態における入射ビーム径を大きくした場合の出力強度分布を示す図。

【図7】本発明の第3実施形態に係るレーザ加工装置の構成図。

【図8】同実施形態における位相型空間変調素子の位相分布を変化させた出力強度分布を示す図。

【図9】従来のレーザ加工装置の構成図。

【図10】レーザ装置から出力されるレーザビームの強度分布を示す図。

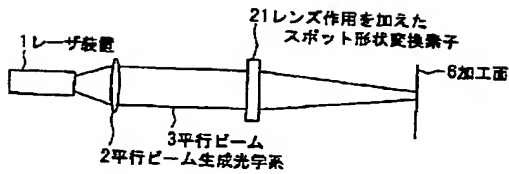
【図11】レーザ加工装置における加工面での理想的な強度分布を示す図。

【図12】従来のレーザ加工装置における加工面での強度分布を示す図。

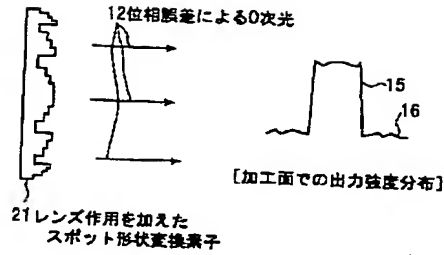
【符号の説明】

- 1 レーザ装置
- 2 平行ビーム生成光学系
- 3 平行ビーム
- 6 加工面
- 11 理想的な出力強度分布
- 12 0次光
- 13、15、18、19 加工面上の出力強度分布
- 14 ピーク
- 16 ノイズ成分
- 17 入射ビーム径
- 21 スポット形状変換素子
- 22 ビーム径変換光学系
- 31 固定レンズ
- 32 ズームレンズ
- 41 位相型空間変調素子
- 42 位相選択装置
- 43 レンズ作用付加装置

【図1】



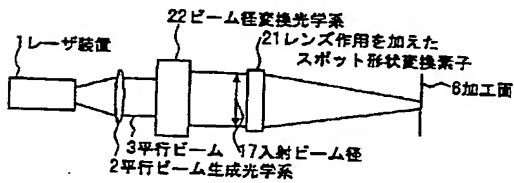
【図2】



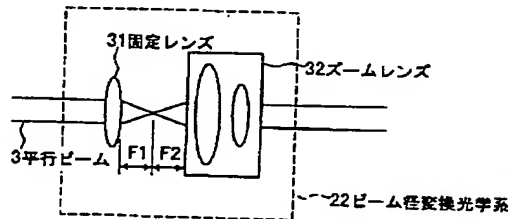
【図8】



【図3】



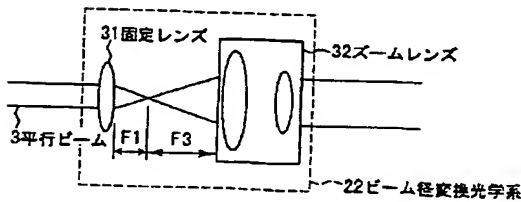
【図4】



【レーザービームの強度分布】



【図5】



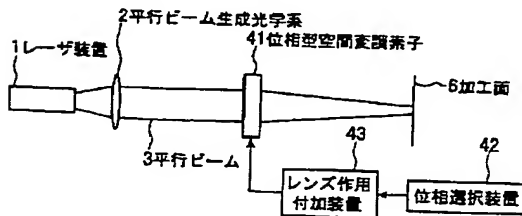
【図6】



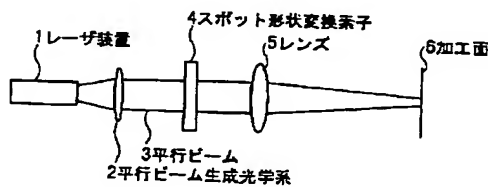
【図11】



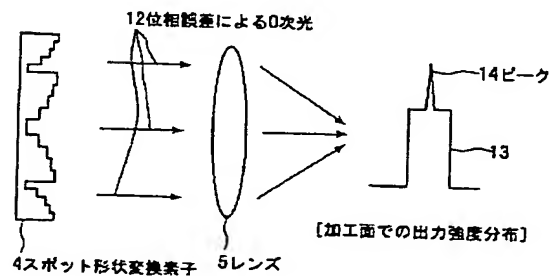
【図7】



【図9】



【図12】



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-066769  
 (43)Date of publication of application : 05.03.2002

(51)Int.Cl.

B23K 26/00  
 B23K 26/06  
 B23K 26/08  
 B41J 2/44  
 C03C 23/00  
 G02B 5/18  
 G02B 5/32

(21)Application number : 2000-257182  
 (22)Date of filing : 28.08.2000

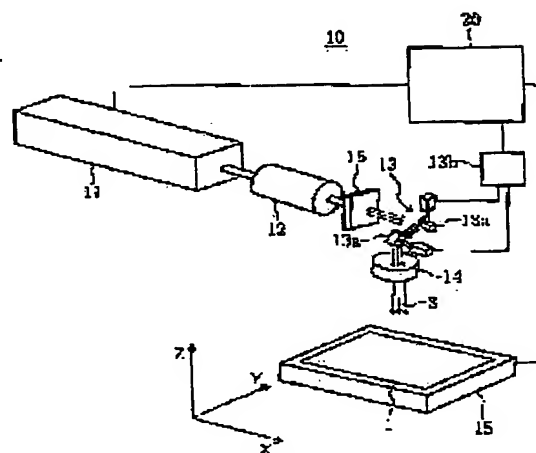
(71)Applicant : SUMITOMO HEAVY IND LTD  
 (72)Inventor : HAYASHI KENICHI

(54) LASER MARKING DEVICE, MARKING METHOD AND MARKED OPTICAL PARTS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a marking device which makes it possible to increase visibility of the marks without reducing a processing speed.

SOLUTION: Within a laser beam line emitted from a laser beam source 11 which emits laser beams, the hologram board 16 is installed. The scanning optical system straddles each optical axis of diffraction beam diffracted by hologram board 16. The converging optical system converges diffraction beam whose optical axis is straddled by scanning optical system. The stage 15 holds an object 1 to be processed at a place where diffraction beam is converged by converging optical system.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 31.10.2001  
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]  
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
 [Date of final disposal for application]  
 [Patent number] 3522670  
 [Date of registration] 20.02.2004  
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]

BEST AVAILABLE COPY

Searching PAJ

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**BEST AVAILABLE COPY**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号  
特許第3522670号  
(P3522670)

(45) 発行日 平成16年4月26日 (2004. 4. 26)

(24) 登録日 平成16年2月20日 (2004. 2. 20)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup> 識別記号  
B 2 3 K 26/00  
26/06  
26/08  
B 4 1 J 2/44  
C 0 3 C 23/00

F I  
B 2 3 K 26/00 B  
26/06 Z  
26/08 B  
C 0 3 C 23/00 Z  
G 0 2 B 5/18

請求項の数1 (全 4 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-257182(P2000-257182)  
(22) 出願日 平成12年8月28日 (2000. 8. 28)  
(65) 公開番号 特開2002-66769(P2002-66769A)  
(43) 公開日 平成14年3月5日 (2002. 3. 5)  
審査請求日 平成13年10月31日 (2001. 10. 31)

(73) 特許権者 000002107  
住友重機械工業株式会社  
東京都品川区北品川五丁目9番11号  
(72) 発明者 林 健一  
神奈川県平塚市夕陽ヶ丘63番30号 住友  
重機械工業株式会社 平塚事業所内  
(74) 代理人 100091340  
弁理士 高橋 敬四郎 (外2名)

審査官 加藤 昌人

(56) 参考文献 特開 平11-77344 (J P, A)  
特開 平10-323787 (J P, A)  
特開 平7-290264 (J P, A)  
特開2000-56112 (J P, A)  
米国特許5786560 (U S, A)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザマーキング方法

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ホログラム板で回折された回折ビームを、加工対象物内に集光し、複数箇所と同時に多光子吸収を生じさせ、多光子吸収の生じた部分の屈折率を変化させ、屈折率の変化した複数の点で構成された単位要素を形成する工程と、  
前記ホログラム板で回折された回折ビームの各々の光軸を振り、前記加工対象物内に複数の単位要素を形成する工程とを有するレーザマーキング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、レーザマーキング装置、マーキング方法及びマーキングされた光学部材に関し、特にマークの視認性を高めることが可能なレーザマーキング装置、マーキング方法、及びマーキングされ

2

た光学部材に関する。

【0002】

【従来の技術】 ガラス等の透明材料内にレーザビームを集光させて多光子吸収を起こすと、その部分の屈折率が変化する。屈折率の変化した点を所望の位置に分布させることによりマークを構成することができる。

【0003】

10 【発明が解決しようとする課題】 レーザビームを集光することによって屈折率の変化する領域は微小であるため、屈折率の変化した点の集合で構成されたマークを視認することは困難である。マークを構成する複数の点の各々を大きくすることにより、マークの視認性を高めることができる。しかし、個々の点を大きくするためには、大きな加工エネルギーが必要とされ、加工対象物のマーク周辺がダメージを受けることにもなる。

BEST AVAILABLE COPY

【0004】本発明の目的は、加工対象物に与えるダメージを少なくし、かつマークの視認性を高めることが可能なマーキング装置及びマーキング方法を提供することである。

#### 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明の一観点によると、ホログラム板で回折された回折ビームを、加工対象物内に集光し、複数箇所と同時に多光子吸収を生じさせ、多光子吸収の生じた部分の屈折率を変化させ、屈折率の変化した複数の点で構成された単位要素を形成する工程と、前記ホログラム板で回折された回折ビームの各々の光軸を振り、前記加工対象物内に複数の単位要素を形成する工程とを有するレーザマーキング方法が提供される。

#### 【0006】

【0007】複数の回折ビームを用い、同時に複数箇所において屈折率の変化を生じさせることができる。屈折率変化の生じた各々の点は微小であるため、加工対象物の埋めるダメージを少なくすることができる。また、同時に複数箇所屈折率変化を生じさせることができるため、マーキング時間の短縮を図ることが可能になる。また、単位要素自体が複数の点の集合で構成されるため、1つの単位要素のみで回折を生じさせることができる。このため、マークの視認性を高めることができる。

#### 【0008】

#### 【0009】

#### 【0010】

#### 【0011】

【発明の実施の形態】図1に、本発明の実施例によるレーザマーキング装置10の概略斜視図を示す。マーキング装置10は、レーザ光源11、ビーム整形器12、ホログラム板16、ガルバノスキャナ13、 $f\theta$ レンズ14、及びステージ15を含んで構成される。ステージ15の上に、加工対象物である透明ガラス基板1が載置されている。

【0012】レーザ光源11として、例えばモードロックしたTi:サファイアレーザ発振器が用いられる。このTi:サファイアレーザ発振器は、例えばパルス幅130fs、波長800nm、平均出力1W、繰返し同波数1kHzのパルス状レーザビームを出力する。この波長域の光は、加工対象物である透明ガラス基板1を透過する。レーザ光源11として、Ti:サファイアレーザ以外に、YAGレーザ、YLFレーザ等のレーザダイード(LD)励起型固体レーザ発振器を用いることもできる。また、それらのレーザ発振器から出力された基本波の高調波を生成する各種レーザ光源を用いることもできる。

【0013】ビーム整形器12は、レーザ光源11から出射したレーザビームの断面形状を整形する。整形されたレーザビームが、ホログラム板16に入射する。ホ

ログラム板16は、所定の位相分布に相当する凹凸が付された石英基板である。ホログラム板16は、その表面に付された凹凸に対応する位相分布に応じて、レーザビームを回折させる。

【0014】ガルバノスキャナ13は、ホログラム板16で回折された回折ビームの各々の光軸を振る。 $f\theta$ レンズ14は、光軸を振られた回折ビームを、透明ガラス基板1の所望の深さの位置に集光させる。ガルバノスキャナ13で回折ビームの各々の光軸を振ることにより、透明ガラス基板1の内部に形成される回折ビームの集光位置を所望の位置に移動させることができる。ステージ15は、透明ガラス基板1を、その表面に平行な2次元方向に移動させることができる。

【0015】ガルバノスキャナ13は、一対のガルバノミラー13aを回転駆動するミラー駆動装置と高感度の位置検出装置とを備えている。また、ガルバノスキャナ13は、駆動部13bを介してコンピュータ20により制御される。コンピュータ20は、ガルバノスキャナ13の駆動をレーザ光源11のパルス発振に同期させる。

【0016】 $f\theta$ レンズ14は、透明ガラス基板1の内部に回折ビーム3を集光させるだけでなく、ガルバノスキャナ13による走査中も回折ビーム3の集光位置を一定の深さに保つ。

【0017】 $f\theta$ レンズ14によって形成された回折ビーム3の各々の集光位置に、多光子吸収により屈折率変化が生じた変質部分が形成される。レーザ光源11がフェムト秒オーダーの極短パルスを発生させるので、集光位置で多光子吸収が効率的に生じる。このような多光子吸収を利用すれば、本来吸収のない赤外レーザ光によるエネルギーの注入が可能になる。これにより、集光位置に限定して比較的大きな屈折率等の光学的特性の変化を生じさせることができる。このような特性変化は、透明ガラス基板1の密度変化や結合状態の変化等に起因して形成される光学的非線型現象であり、変質部分が恒久的にガラス中に残存する。

【0018】透明ガラス基板1は、レーザ光源11からのレーザビームを透過させ、かつこのレーザビームに対して効率的な多光子吸収が生ずるものであればよい。ただし、内部に形成されるマークを視覚的に認識するためには、可視光をほぼ透過させるものである必要もある。例えば、 $\text{GeO}_2\text{-SiO}_2$ ガラス等を用いることができる。また、ソーダ石灰ガラス、石英ガラス等各種の材料にマークを形成できることが確認されている。

【0019】回折ビーム3の集光位置に形成される複数の変質部分の分布は、ホログラム板16の位相分布に依存する。ホログラム板の位相分布の求め方は、例えば M. A. Seldwitz 等による Appl. Opt., 26, pp2788-2798 (1987) に説明されている。

【0020】図2(A)に、透明ガラス基板1の内部に



形成される変質部分の分布の一例を示す。変質部分 3 0 が、5 行 5 列の行列を構成するように分布している。行方向及び列方向のピッチ  $a$  は、例えば  $4 \mu\text{m}$  である。各変質部分 3 0 は、回折ビームの光軸に沿った棒状の形状を有し、その長さは約  $20 \sim 30 \mu\text{m}$ 、太さは約  $1 \mu\text{m}$  である。この 5 行 5 列の行列を構成する変質部分 3 0 の群を単位要素と呼ぶこととする。

【0021】次に、図 1 のレーザマーキング装置を用いてマーキングを行う方法を説明する。まず、透明ガラス基板 1 をステージ 1 5 の上に載置し、マーキングを行うべき部位を  $f \theta$  レンズ 1 4 の直下に移動させる。次に、レーザ光源 1 1 をレーザ発振させるとともに、ガルバノスキャナ 1 3 を動作させて、回折ビームの集光位置を走査する。ガルバノスキャナ 1 3 の走査の軌跡に沿って、複数の単位要素が透明ガラス基板 1 の内部に形成される。

【0022】図 2 (B) に、複数の単位要素で構成されたマークの一例を示す。11 個の単位領域で、アルファベットの「H」が描かれている。単位要素を行方向及び列方向に移動させる最小ピッチ  $b$  が、ピッチ  $a$  の 6 倍とされている。

【0023】次に、レーザ光の走査を一時中断し、ステージ 1 5 を動作させて透明ガラス基板 1 を移動させる。これにより、次にマークを形成すべき位置が  $f \theta$  レンズ 1 4 の直下に移動する。

【0024】ガルバノスキャナ 1 3 とレーザ光源 1 1 とを、両者が同期するように動作させて、レーザビームの集光点を走査する。以上の工程を繰り返すことにより、所望の位置に所望のマークを順次形成することができる。

【0025】複数の単位要素を分布させて構成したマークは、可視光を回折させる。これにより、マークが視覚的に認識される。図 2 (B) に示したピッチ  $b$  をピッチ  $a$  の整数倍とすると、近傍の単位要素からの回折光同士が強めあい、マークの視認性を高めることができる。

【0026】上記実施例では、単位要素を 5 行 5 列の行列状に配置した 25 個の点で構成したが、その他の構成としてもよい。ホログラム板の位相分布を設計し直すことにより、単位要素内の点の配置を種々変化させることができる。また、単位要素を複数の点で構成する代わりに、複数の直線で構成することも可能である。例えば、単位要素を、回折格子として働くグレーティングとすることもできる。

【0027】ステージ 1 5 は、透明ガラス基板 1 を Z 方向に微動させることもできる。これにより、透明ガラス基板 1 の内部に形成されるマークの深さを調節することができる。例えば、透明ガラス基板 1 の第 1 の深さの位置に第 1 のマークを形成し、第 2 の深さの位置に第 2 のマークを形成すれば、多層構造のマークを形成すること

ができる。さらに、単位要素を形成しつつステージ 1 5 を 3 次的にステップ移動させることにより、立体的な形状を有するマークを形成することもできる。

【0028】上記実施例では、小さな点が集まった単位要素を分布させることによりマークが形成される。このため、個々の点を大きくすることなく、視認性の高いマークが得られる。

【0029】上記実施例では、ひとつのマークを構成する複数の単位要素をすべて合同なパターンとしたが、単位要素内の各点のピッチを変えて、単位要素の各々を相互に相似関係のパターンとしてもよい。この場合には、各単位要素が、異なる色と認識されるであろう。

【0030】上記実施例では、1 回のパルスレーザ照射により、屈折率の変化した複数の点を形成することができる。このため、マーキング時間の短縮を図ることが可能になる。また、1 回のパルスレーザ照射で 1 つの点を形成する場合において、1 パルスあたりのエネルギーが好適な値よりも大きいとき、アッテネータ等によりレーザビームを減衰させる必要がある。上記実施例の場合において、1 本のビームから得られた複数の回折ビームの 1 パルスあたりのエネルギーが好適な範囲内であるときには、アッテネータを挿入することなくレーザビームのエネルギーを有効に利用することができる。

【0031】上記実施例では、加工対象物の内部に屈折率変化を生じさせる場合を説明したが、加工対象物の表面上に回折格子パターンからなる単位要素を形成してもよい。例えば、シリコン等の半導体基板表面にレーザビームを照射して、局所的に溶融させて凹凸を形成してもよい。シリコンを加工する場合には、シリコンを透過しない  $A r F$  レーザ等を用いることができる。また、金属部材の表面にレーザビームを照射して局所的に酸化させることにより、変色させてもよい。溶融させたり、酸化させたりする場合には、照射するレーザビームはパルスである必要はなく、連続発振したレーザビームを用いることができる。

【0032】表面上に、回折格子パターンを形成する場合も、凹部や変色した領域は微少であるため、単純な点を分散させてマーキングする場合に比べて、加工対象物に与えるダメージを少なくすることができる。なお、加工時間に制約がない場合には、ホログラム板を用いず、1 本のレーザビームを走査することにより単位要素を形成してもよい。

【0033】以上実施例に沿って本発明を説明したが、本発明はこれらに制限されるものではない。例えば、種々の変更、改良、組み合わせ等が可能なことは当業者に自明であろう。

【0034】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によると、1 回のパルスレーザ照射で複数の点を形成することができるため、マーキング時間の短縮を図ることができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の実施例によるマーキング装置の概略斜視図である。

【図 2】 図 2 (A) は、マーキングを行う際の単位要素の一例を示す平面図であり、図 2 (B) は、単位要素で構成したマークの一例を示す平面図である。

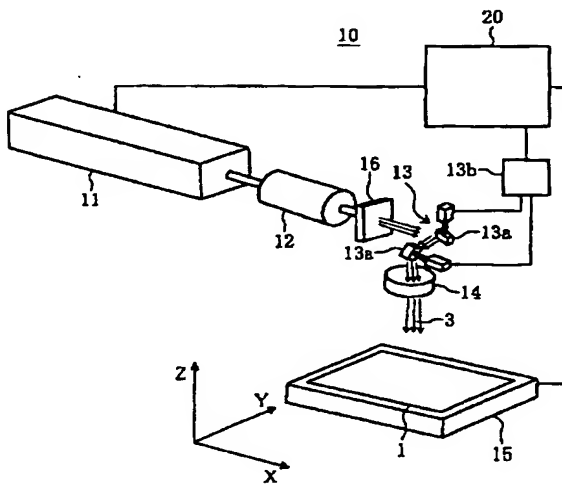
## 【符号の説明】

- 1 透明ガラス基板  
3 レーザビーム

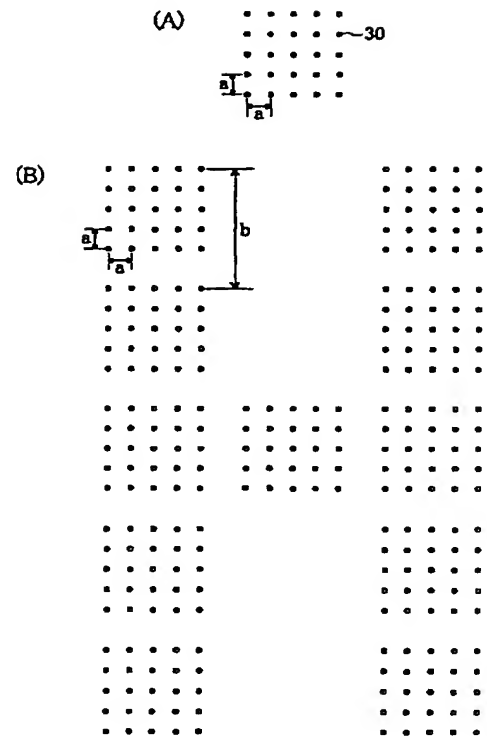
- \* 10 マーキング装置  
11 レーザ光源  
12 ビーム整形器  
13 ガルバノスキャナ  
14  $f\theta$  レンズ  
15 ステージ  
16 ホログラム板  
20 コンピュータ

\*

【図 1】



【図 2】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

識別記号

G 0 2 B 5/18  
5/32

F I

G 0 2 B 5/32  
B 4 1 J 3/00

Q

(58) 調査した分野 (Int. Cl.<sup>7</sup>, D B 名)

B23K 26/00 - 26/42

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-272635

(43)Date of publication of application : 05.10.2001

(51)Int.Cl.

G02B 27/46  
G02F 1/061

(21)Application number : 2000-319594

(71)Applicant : HAMAMATSU PHOTONICS KK

(22)Date of filing : 19.10.2000

(72)Inventor : FUKUCHI NORIO  
IGASAKI YASUNORI  
HARA TSUTOMU  
HIRUMA TERUO

(30)Priority

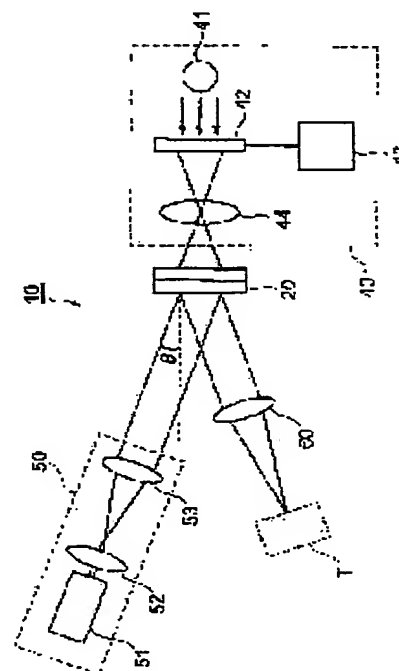
Priority number : 2000010852 Priority date : 19.01.2000 Priority country : JP

## (54) LASER BEAM MACHINING DEVICE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a laser beam machining device having high degree of freedom of a processing pattern, where the improvement in use efficiency of readout light can be attained.

**SOLUTION:** The laser beam machining device 10 is provided with a reflection type space optical modulator 20, a hologram pattern writing means 40 for writing a hologram pattern in the reflection type optical light modulator 20, a projection means 50 for being made incident readout light on the reflection type optical light modulator 20 and a Fourier lens 60 for performing the Fourier transform of the readout light in which phase modulation is performed in the reflection type space optical modulator 20.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

27.09.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

**BEST AVAILABLE COPY**

[Date of registration]

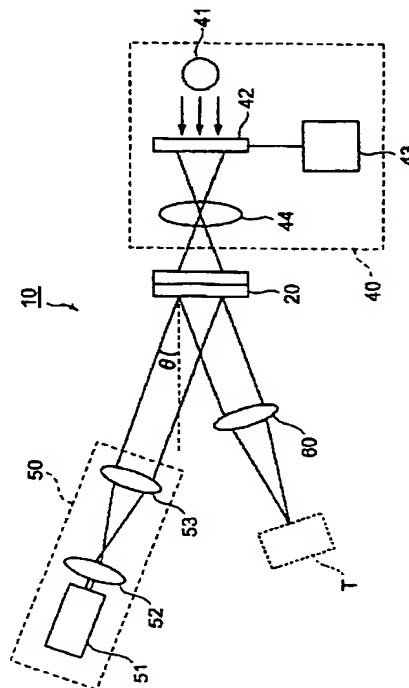
[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(11)特許出願公開番号  
特開2001-272635  
(P2001-272635A)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 反射型空間光変調器と、  
前記反射型空間光変調器にホログラムパターンを書き込むためのホログラムパターン書き込み手段と、  
前記反射型空間光変調器に読み出し光を入射するための投光手段と、  
前記反射型空間光変調器において位相変調された前記読み出し光をフーリエ変換するためのフーリエレンズと、  
を備えることを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項2】 前記ホログラムパターン書き込み手段は、ターゲットに照射する所望の光学画像に対応するホログラムパターンのデータを記憶する記憶手段を備える、ことを特徴とする請求項1に記載のレーザ加工装置。

【請求項3】 ターゲットの3次元情報を取得するための物体形状認識手段を更に備え、前記ホログラムパターン書き込み手段は、該物体形状認識手段により取得した該ターゲットの3次元情報に基づいて該ターゲットの形状に合致したホログラムパターンを生成可能な構造を有する、ことを特徴とする請求項1または請求項2に記載のレーザ加工装置。

【請求項4】 ターゲットの位置情報を取得するための物体位置認識手段を更に備え、前記ホログラムパターン書き込み手段は、該物体位置認識手段により取得した該ターゲットの位置情報に基づいて該ターゲットの位置に合致したホログラムパターンを生成可能な構造を有する、ことを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載のレーザ加工装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、空間光変調器を用いたレーザ加工装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】この種のレーザ加工装置として、例えば特開平5-77067号公報（以下「文献1」という）や、特開昭62-44718号公報（以下「文献2」という）に開示されているものがある。しかし、これらのレーザ加工装置は、液晶空間光変調器に表示された濃淡のパターンを単に開口マスクとして用いているため、レーザ光源から投射された光の大部分がマスクに遮られて加工に用いることができず、光の利用効率が低くなるという問題があった。

【0003】これに対し、特開平6-208088号公報（以下「文献3」という）には、空間光変調器に読み出し光を入射し、位相変調された変調光をフーリエ変換して光学像を結像再生する光刻印装置が開示されている。この光刻印装置ではフーリエ変換を利用しているため、原理的には読み出し光を100%加工に利用することが可能である。しかし、空間光変調器が透過型の構造を有しているため、実際には画素電極や配線などにより

光が遮られて光の利用効率が低下してしまう。

【0004】このように、透過型の空間光変調器では不可避免的に光の利用効率が低下してしまう欠点があるため、これを避けるべく反射型の空間光変調器を用いることが考えられるが、上記した文献1や文献2に開示の技術のように反射型の空間光変調器を単なるパターンマスクとして利用したのでは、やはり空間光変調器に入射させた読み出し光を100%加工に利用することはできない。

【0005】そこで、特開平10-186283号公報（以下「文献4」という）には、反射型の空間光変調器に入射させた読み出し光をフーリエ変換し、光の利用効率の向上を図る技術が開示されている。すなわち、文献4に開示の技術では、反射型の空間光変調器から読み出したパターンのフーリエ変換像の0次光成分を位相シフトし、他の光成分と干渉させた後に逆フーリエ変換を行って再生像を作り出すことで、パターンのコントラスト比の向上を図っている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記した文献4に開示の技術は、0次光成分と他の光成分とを干渉させて再生像を作り出す構造であるため、パターンの duty 比（画面全体の中でパターン部分が占める割合）が25～75%の範囲でしか有効に機能しない。すなわち、文献4に開示の技術において、光源から強度1の光が投射されている場合、出力光の強度  $I$  は、 $I(x, y) = 2[1 - \cos(\phi(x, y))]$  と表される。つまり、出力光の強度  $I$  は0～4の範囲のものとなり、最大でも4でしかない。この強度  $I$  の式は不変のものであるため、出力光の強度をこれ以上向上させることは理論的に困難である。従って、duty 比が25%以下となったとしても出力光の強度はこれ以上向上せず、コントラストが悪いばかりか光の利用効率が低下してしまう。

【0007】このように、文献4に開示の技術は、例えば出力面に1点だけを照射するといったような duty 比が小さいパターンの加工には不向きであり、加工パターンの自由度が狭められるという問題があった。

【0008】そこで本発明は、読み出し光の利用効率の向上を図ることができると共に、加工パターンの自由度の高いレーザ加工装置を提供することを目的とする。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明のレーザ加工装置は、反射型空間光変調器と、反射型空間光変調器にホログラムパターンを書き込むためのホログラムパターン書き込み手段と、反射型空間光変調器に読み出し光を入射するための投光手段と、反射型空間光変調器において位相変調された読み出し光をフーリエ変換するためのフーリエレンズと、を備えることを特徴とする。

【0010】このレーザ加工装置では、反射型空間光変

調器に入射した読み出し光は、ホログラムパターンにより位相変調され、ターゲットに向けて反射される。そして、この位相変調された読み出し光をフーリエレンズでフーリエ変換する。すると、所望の光学画像が結像され、この光学画像が照射されるターゲットの所定面に加工が施される。このように、このレーザ加工装置では、ホログラムパターンにより位相変調された読み出し光をフーリエ変換して所望の光学画像を形成しているため、読み出し光の利用効率の向上を図ることができると共に、 $duty$ 比の制限もないため加工パターンの自由度

【0011】また、本発明のレーザ加工装置では、ホログラムパターン書き込み手段は、ターゲットに照射する所望の光学画像に対応するホログラムパターンのデータを記憶する記憶手段を備える、ことを特徴としてもよい。このようにすれば、ホログラムパターン書き込み手段は、記憶手段に記憶されているホログラムパターンのデータを読み出すだけで、反射型空間光変調器にホログラムパターンを書き込むことが可能となる。すなわち、所望の光学画像からホログラムパターンを作成するという手間が省けるため、反射型空間光変調器にホログラムパターンをビデオレートで書き換えることが可能となる。

【0012】また、本発明のレーザ加工装置は、ターゲットの3次元情報を取得するための物体形状認識手段を更に備え、ホログラムパターン書き込み手段は、該物体形状認識手段により取得した該ターゲットの3次元情報に基づいて該ターゲットの形状に合致したホログラムパターンを生成可能な構造を有する、ことを特徴としてもよい。このようにすれば、ホログラムパターン書き込み手段は、物体形状認識手段により取得したターゲットの3次元情報に基づいて、ターゲットの形状に合致するように3次的にパターンを形成させるホログラムパターンを生成可能であるため、ターゲットに対して歪んだパターンが照射されるおそれが少なくなり、より正確な加工を行うことが可能となる。

【0013】また、本発明のレーザ加工装置は、ターゲットの位置情報を取得するための物体位置認識手段を更に備え、ホログラムパターン書き込み手段は、該物体位置認識手段により取得した該ターゲットの位置情報に基づいて該ターゲットの位置に合致したホログラムパターンを生成可能な構造を有する、ことを特徴としてもよい。このようにすれば、加工対象であるターゲットの位置が所望位置からずれた場合であっても、ホログラムパターン書き込み手段は、物体位置認識手段により取得したターゲットの位置情報に基づいてターゲットの位置に合致したホログラムパターンを生成可能であるため、ターゲットの位置の変動に依存することなく正確な加工を行うことが可能となる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照しながら本発明の実施形態について説明する。なお、同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0015】(第1実施形態)図1は、本発明の第1の実施形態にかかるレーザ加工装置10の構成を模式的に示す平面図である。

【0016】図示のとおり、レーザ加工装置10は反射型の空間光変調器(SLM)20と、ホログラムパターン書き込み手段40と、投光手段50と、フーリエレンズ60とを備えている。

【0017】SLM20は、平行配向ネマチック液晶を光変調材料として用いた位相変調型の空間光変調器である。図2に示すように、SLM20は書き込み光の入射面に書き込み光の不要な反射を防止するARコート21を施したガラス基板22を備えている。そして、このガラス基板22の入射面と反対側の面には、ITO23を介して入射光の強度に応じて抵抗が変化するアモルファスシリコン(a-Si)からなる光導電層24と、誘電体多層膜製のミラー層25とが積層されている。またSLM20は、読み出し光の入射面に同じくARコート26を施したガラス基板27を更に備えている。そして、このガラス基板27の入射面と反対側の面にはITO28が積層されており、前記したミラー層25とITO28の上に配向層29、30がそれぞれ設けられている。そして、これらの配向層29、30同士を対向させて枠状のスペーサ31を介して接続し、スペーサ31の枠内にネマチック液晶を充填して液晶層を設けて光変調層32を形成している。この配向層29、30により、光変調層32内のネマチック液晶は配向層29、30の表面に対して平行あるいは垂直に配向されている。そして両ITO23、28間には、所定の電圧を印加するための駆動装置33が接続されている。

【0018】図1に示すように、上記した構成を有するSLM20の書き込み光が入射する側に、ホログラムパターン書き込み手段40が配置されている。

【0019】ホログラムパターン書き込み手段40は、書き込み光を出射するための光源41と、書き込み光の画像を表示するための透過型液晶テレビ42と、透過型液晶テレビ42への画像表示を制御するための書き込み用電気信号発生器43と、書き込み光に含まれる画像信号をSLM20の光導電層24に結像させるための結像レンズ44とを備えている。

【0020】一方、SLM20の読み出し光の入射する側には、この入射面の法面内で法線と角度 $\theta$ だけ傾けられた光軸上に投光手段50が配置されている。なお、法面とは直線偏光の光がミラーに入射して反射される際に入射光軸、反射光軸、ミラーの法線のいずれをも含む面を指す。

【0021】投光手段50は、読み出し光を出射するためのレーザ光源51と、レーザ光源51から出射された

読み出し光を拡大するためのレンズ 52 と、拡大された読み出し光を平行光に調整するためのコリメートレンズ 53 とを備えている。

【0022】また、読み出し光の反射光路上には、ホログラムパターンにより位相変調された読み出し光をフーリエ変換するためのフーリエレンズ 60 が配置されている。

【0023】このようにして本実施形態に係るレーザ加工装置 10 が構成されている。

【0024】ここで、本実施形態に係るレーザ加工装置 10 では、ホログラムパターン書き込み手段 40、特に書き込み用電気信号発生器 43 の構造に特徴がある。

【0025】すなわち、本実施形態にかかるレーザ加工装置 10 では、SLM20 には試料 T に照射すべき所望の光学画像がそのまま書き込まれるのではなく、フーリエレンズ 60 でフーリエ変換した場合に所望の光学画像が再生されるようなホログラムパターンが書き込まれる。

【0026】以下、書き込み用電気信号発生器 43 におけるホログラムパターンの作成方法を、図 3 のフローチャートに基づいて説明する。

【0027】液晶テレビ 42 に表示するホログラムパターンの作成法として繰り返し学習法を画像にて行う方法があり、特に本実施形態では繰り返し学習法の中の Simulated Annealing という手法を用いてホログラムパターンを作成している。

【0028】ここでは、 $n \times n$  画素の液晶テレビ 42 にホログラムパターンを表示する場合を考える。

【0029】まず、 $n \times n$  個の各画素の濃度値をランダム関数等によりランダムに決定し、これを初期画面とする (ステップ S1)。

【0030】次に、所定画素の濃度値を変化させ (ステップ S2)、そのホログラムパターンをフーリエ変換して得られた画像が、所望の光学画像に近付いたかどうか判断する (ステップ S3)。

【0031】そして、フーリエ変換して得られた画像が所望の光学画像に近付いた場合は、当該所定画素についてその濃度値を採用し、遠ざかった場合はその濃度値を採用せず元の濃度値を採用する。

【0032】次に、 $n \times n$  個の全ての画素について濃度値を決定する作業が行われたかどうか判断し (ステップ S4)、全ての画素について終了していない場合はステップ S2 に戻って次の画素について濃度値を決定する作業を行う。一方、全ての画素について終了している場合は、 $n \times n$  個の画素のうち変更した濃度値を採用した画素があるかどうか判断し (ステップ S5)、採用した画素がある場合はステップ S2 に戻る。一方、採用した画素がない場合は濃度値決定の作業を終了し、得られたパターンを最達のホログラムパターンとして液晶テレビ 42 に表示する。

【0033】このようにして書き込み用電気信号発生器 43 は、所望の光学画像に対応するホログラムパターンを求めて液晶テレビ 42 に表示する。あるいは、書き込み用電気信号発生器 43 は、予め作成されメモリなどの記憶手段に記憶されている所望の光学画像に対するホログラムパターンのデータを読み出して液晶テレビ 42 に表示してもよい。このようにすれば、書き込み用電気信号発生器 43 は、記憶手段に記憶されているホログラムパターンのデータを読み出すだけで、液晶テレビ 42 にホログラムパターンを表示することが可能となる。すなわち、所望の光学画像からホログラムパターンを作成するという手間が省けるため、反射型空間光変調器 20 にホログラムパターンをビデオレートで書き換えることが可能となる。

【0034】次に、上記したレーザ加工装置 10 の動作について説明する。

【0035】まず、試料 T に対して実際に照射し加工したい光学画像を書き込み用電気信号発生器 43 に入力すると、書き込み用電気信号発生器 43 において当該所望の光学画像に対応するホログラムパターンが求められ、そのホログラムパターンが液晶テレビ 42 に表示される。

【0036】次に、書き込み光側の光源 41 から液晶テレビ 42 に向けて書き込み光を出射すると、書き込み光には液晶テレビ 42 を通過する際にホログラムパターンの画像情報が書き込まれる。この画像情報を有する書き込み光は、結像レンズ 44 により SLM20 の光導電層 24 に結像される。ここで、SLM20 の両 ITO23、28 間には、駆動装置 33 により数ボルトの交流電圧が印加されているが、光導電層 24 に書き込まれた画像によって光導電層 24 は画素位置によって電氣的インピーダンスが変化する。その結果、光変調層 32 は画素位置によって印加される電圧の分圧が異なってくる。

【0037】一方、レーザ光源 51 から直線偏光の読み出し光を出射する。すると、読み出し光はレンズ 52、コリメートレンズ 53 により平行光に調整される。そのとき、SLM20 の光変調層 32 へは P 偏光として入射させる。前述したとおり、光変調層 32 は画素位置によって印加される電圧の分圧が異なるので、この電圧に応じて液晶分子の傾きが変化する。このとき、液晶分子は法面内でその配向方向が変化する。その結果、画素位置によって光変調層 32 の屈折率が変化する。光変調層 32 に入射した読み出し光はこの屈折率変化により位相変調され、ミラー層 25 により反射されて入射面から再び出力される。

【0038】そして、この位相変調された読み出し光をフーリエレンズ 60 でフーリエ変換して結像することにより、試料 T に所望の光学画像が照射される。その結果、レーザ光が照射された試料表面の部分は熱により蒸発あるいは変質して所望のパターンに加工される。



【0039】以上詳述したように、本実施形態にかかるレーザ加工装置10は、ホログラムパターン書き込み手段40によってSLM20にホログラムパターンを書き込み、このホログラムパターンにより位相変調された読み出し光をフーリエレンズ60によってフーリエ変換して得られた所望の光学画像をターゲットに照射して加工を施すことができる。このように、フーリエ変換を利用することで読み出し光の利用効率の向上を図ることができ、しかもSLM20は反射型の構造を有するため、透過型のように画素電極や配線により読み出し光が遮られることがなく、読み出し光の利用効率が低下するおそれがない。その結果、レーザ光源51から出射される読み出し光の強度を低くすることができ、レーザ光源51ひいてはレーザ加工装置10の小型化を図ることができる。

【0040】また、このレーザ加工装置10では、従来技術に挙げた特開平10-186283号公報に開示の技術のようにフーリエ面で0次光成分を他の光成分と干渉させてコントラストの向上を図るものではないため、duty比の制限がなく加工パターンの自由度が狭められるというおそれもない。

【0041】(第2実施形態)次に、本発明に係るレーザ加工装置の第2の実施形態について図4を参照して説明する。

【0042】上記した第1の実施形態では、所望位置に設置されている試料Tの表面に所望のパターンを形成する場合について説明してきたが、試料Tの設置位置は常に固定されているとは限らない。もし、試料Tの設置位置が所望位置からずれている場合に、所望位置に設置されていることを前提としたパターンを試料Tに照射した場合、パターンは試料Tの加工面において拡大・縮小・変形等してしまい、加工の精度の低下をきたしてしまうおそれがある。

【0043】本実施形態に係るレーザ加工装置10は、かかる問題点を鑑み、図4に示すように試料Tの位置情報を取得するための物体位置認識手段を更に備えている。この物体位置認識手段は、内部に半導体レーザ等の発光素子72とフォトダイオード等の受光素子74とを有するレーザ測距装置70を備えている。このレーザ測距装置70は、発光素子72からターゲットTに向けてレーザ光を出射し、反射光を受光素子74にて受光してターゲットの位置(距離)を測定する。このレーザ測距装置70は、書き込み用電気信号発生器43に接続されている。

【0044】このレーザ加工装置10では、レーザ測距装置70により測定されたターゲットTの位置情報は、書き込み用電気信号発生器43に送られる。そして、試料Tに対して実際に照射し加工したい光学画像を書き込み用電気信号発生器43に入力すると、書き込み用電気信号発生器43では、試料Tの位置に基づいて当該所望

の光学画像に対応するホログラムパターンが求められ、そのホログラムパターンが液晶テレビ42に表示される。

【0045】次に、書き込み光側の光源41から液晶テレビ42に向けて書き込み光を出射すると、書き込み光には液晶テレビ42を通過する際にホログラムパターンの画像情報が書き込まれる。この画像情報を有する書き込み光は、結像レンズ44によりSLM20の光導電層24に結像される。

【0046】一方、レーザ光源51から直線偏光の読み出し光を出射する。すると、読み出し光はレンズ52、コリメートレンズ53により平行光に調整される。そのとき、SLM20の光変調層32へはP偏光として入射させる。光変調層32に入射した読み出し光はホログラムパターンにより位相変調され、ミラー層25により反射されて入射面から再び出力される。

【0047】そして、この位相変調された読み出し光をフーリエレンズ60でフーリエ変換して結像することにより、試料Tに対して試料Tの位置に合致した所望の光学画像が照射される。その結果、レーザ光が照射された試料表面の部分は熱により蒸発あるいは変質して所望のパターンに加工される。

【0048】このように本実施形態に係るレーザ加工装置10では、試料Tの位置情報を取得するための物体位置認識手段を備えているため、試料Tの位置に合致したパターンを生成することが可能となり、試料Tの位置の変動に依存することなく正確な加工を行うことが可能となる。

【0049】(第3実施形態)次に、本発明に係るレーザ加工装置の第3の実施形態について図5を参照して説明する。

【0050】上記した第1及び第2の実施形態では、平面をなす試料Tの加工面に所望のパターンを形成する場合について説明してきたが、試料Tの加工面は常に平面であるとは限らない。もし、3次元形状をなす試料Tの加工面に平面を前提としたパターンを照射した場合、パターンは試料Tの加工面の凹凸に合わせて歪んでしまい、加工の精度の低下をきたしてしまうおそれがある。

【0051】本実施形態に係るレーザ加工装置10は、かかる問題点を鑑み、図5に示すように試料Tの3次元情報を取得するための物体形状認識手段を更に備えている。この物体形状認識手段は、それぞれ試料Tの像を撮像可能な2つの撮像装置80、82を備えている。これら撮像装置80、82は、フーリエレンズ60から試料Tに至る光軸に対してほぼ対称な位置関係で配置されており、それぞれ書き込み用電気信号発生器43に接続されている。

【0052】このレーザ加工装置10では、撮像装置80、82により撮像された試料Tのステレオ画像は、それぞれ書き込み用電気信号発生器43に送られる。そし

10

20

30

40

50

て、一対の撮像装置80、82で撮像した画像間で、画素間の対応を求め、対応点の画素ずれ量、つまり視差を算出し、三角測量を用いてターゲットまでの距離を算出する。このようにして、試料Tの凹凸等の3次元情報が算出され、試料Tの3次元形状の認識が行われる。なお、本実施形態に係るレーザ加工装置10では、物体形状認識手段としての撮像装置80、82は、ターゲットTの位置情報の取得も可能であるため、撮像装置80、82は物体位置認識手段としても機能している。

【0053】そして、試料Tに対して実際に照射し加工したい光学画像を書き込み用電気信号発生器43に入力すると、試料Tの3次元形状に基づいて当該所望の光学画像に対応するホログラムパターンが求められ、そのホログラムパターンが液晶テレビ42に表示される。

【0054】次に、書き込み光側の光源41から液晶テレビ42に向けて書き込み光を出射すると、書き込み光には液晶テレビ42を通過する際にホログラムパターンの画像情報が書き込まれる。この画像情報を有する書き込み光は、結像レンズ44によりSLM20の光導電層24に結像される。

【0055】一方、レーザ光源51から直線偏光の読み出し光を出射する。すると、読み出し光はレンズ52、コリメートレンズ53により平行光に調整される。そのとき、SLM20の光変調層32へはP偏光として入射させる。光変調層32に入射した読み出し光はホログラムパターンにより位相変調され、ミラー層25により反射されて入射面から再び出力される。

【0056】そして、この位相変調された読み出し光をフーリエレンズ60でフーリエ変換して結像することにより、試料Tの立体表面に試料Tの形状に合致した所望の光学画像が照射される。その結果、レーザ光が照射さ\*

\*れた試料表面の部分は熱により蒸発あるいは変質して所望のパターンに加工される。

【0057】このように本実施形態に係るレーザ加工装置10では、試料Tの3次元情報を取得するための物体形状認識手段を備えているため、試料Tの形状に合致したパターンを生成することが可能となり、照射したパターンの試料Tの表面における歪みを抑制して加工精度の低下を抑制することが可能となる。

【0058】

【発明の効果】本発明のレーザ加工装置によれば、読み出し光の利用効率の向上を図ることができるため、投光手段ひいてはレーザ加工装置自体の小型化を図ることが可能となる。また本発明のレーザ加工装置では、加工パターンの自由度が高いため、ターゲットを種々のパターンに加工することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態にかかるレーザ加工装置の構成を模式的に示す平面図である。

【図2】空間光変調器の構成を示す断面図である。

20 【図3】ホログラムパターンの作成方法を示すフローチャートである。

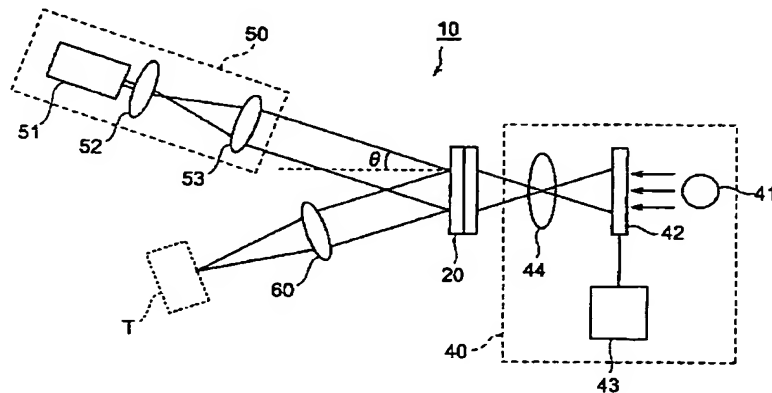
【図4】本発明の第2実施形態にかかるレーザ加工装置の構成を模式的に示す平面図である。

【図5】本発明の第3実施形態にかかるレーザ加工装置の構成を模式的に示す平面図である。

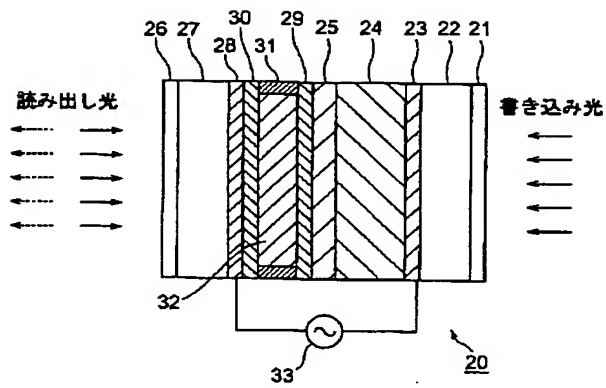
【符号の説明】

10…レーザ加工装置、20…反射型空間光変調器、40…ホログラムパターン書き込み手段、50…投光手段、60…フーリエレンズ、70…レーザ測距装置、80、82…撮像装置、T…試料。

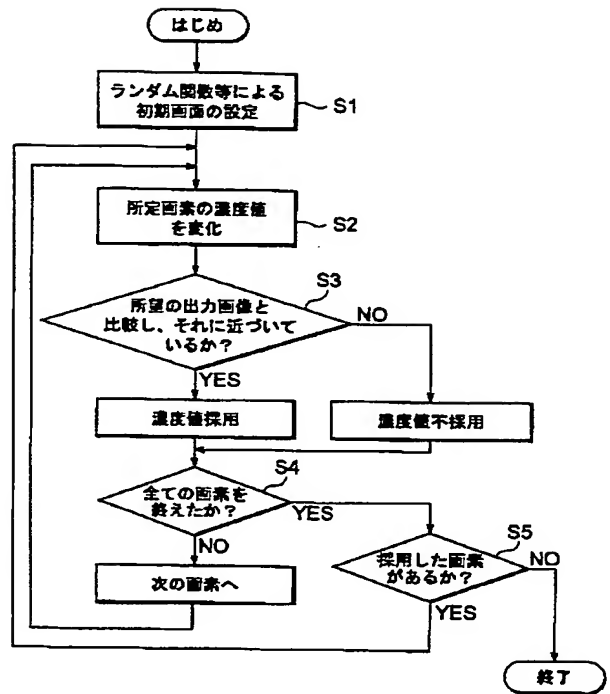
【図1】



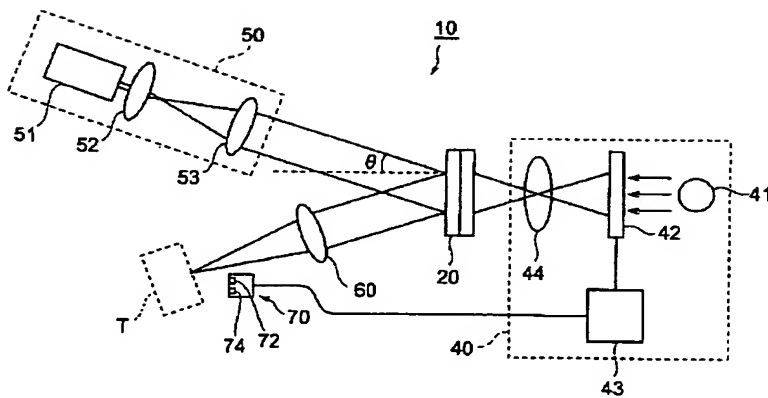
【図2】



【図3】



【図4】



The diagram shows an optical system 10. Light from a source 41 passes through a lens 44 and a vertical slit 42. It then hits a horizontal slit 20. The light is reflected by a lens 53 and a lens 52, passing through a lens 51. The light is then reflected by a lens 60 and a lens 82, passing through a lens 80. The light is then reflected by a lens 43 and a lens 40, passing through a lens 41. The angle of incidence is labeled  $\theta$ .

(72)発明者 原 勉  
静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

(72)発明者 晝馬 輝夫  
静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ  
トニクス株式会社内

F ターム(参考) 2H079 AA08 BA01 CA24 DA08 EA14  
EB26 HA16 KA01 KA20